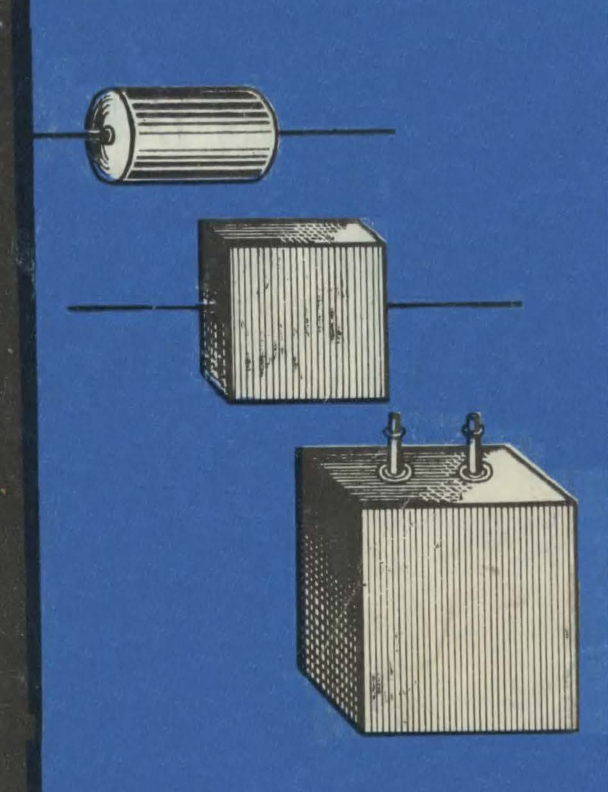


И. В. МИХАЙЛОВ
А. И. ПРОПОШИН

КОНДЕНСАТОРЫ





МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 832

Справочная серия

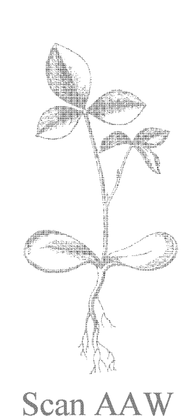
И. В. МИХАЙЛОВ, А. И. ПРОПОШИН

КОНДЕНСАТОРЫ

Издание второе, переработанное и дополненное



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1973



6Ф2.9
М 69
УДК 621.319.4

Михайлов И. В., Пропошин А. И.

М 69 Конденсаторы. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1973.
56 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 832. Справочная серия)

В брошюре содержатся справочные сведения о наиболее распространенных в радиолюбительской практике типах конденсаторов. Описываются конструкции и даются рекомендации по применению конденсаторов в радиоустройствах.

Брошюра предназначена для широкого круга радиолюбителей.

М $\frac{0345\text{-}229\bullet}{051(01)\text{-}73}$ 256-73

6Ф2.9

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ

Простейший конденсатор состоит из двух металлических пластин, называемых обкладками, между которыми находится непроводник электрического тока — диэлектрик. Обкладки конденсатора обычно изготовляют из алюминия, серебра, латуни, меди и т. п., а в качестве диэлектрика применяют бумагу, слюду, керамику, синтетические и оксидные пленки, воздух и т. п.

Если к одной обкладке подвести положительный заряд, а к другой — отрицательный, то разноименные заряды, притягиваясь друг к другу, будут удерживаться на обкладках. Поэтому конденсатор служит накопителем энергии. Способность конденсатора накапливать на обкладках электрические заряды под воздействием электрического поля, называется электрической емкостью. Выражается она соотношением

$$C = \frac{Q}{U},$$

где Q — электрический заряд в кулонах; U — напряжение, приложенное к обкладкам, в вольтах; C — емкость, получаемая в ф а р а д а х. Фарада слишком крупная величина, поэтому для оценки емкости используют меньшие единицы; м и к р о ф а р а д ы, н а н о ф а р а д ы, п и к о ф а р а д ы, между которыми существует следующее отношение:

$$1\ \textit{ф} = 10^6\ \textit{мкф} = 10^9\ \textit{нф} = 10^{12}\ \textit{пф}.$$

Емкость конденсатора зависит от его геометрических размеров: она прямо пропорциональна полезной площади его обкладок S и величине диэлектрической проницаемости ε диэлектрика и обратно пропорциональна расстоянию между обкладками a. Наиболее распространенные конструкции конденсаторов — это п л о с к и е и ц и л и н д р и ч е с к и е. Емкость плоского конденсатора выражается формулой

$$C = 0{,}0884\ \frac{\varepsilon S\ (\textit{см}^2)}{a\ (\textit{см})},\ \textit{пф}.$$

Емкость цилиндрического конденсатора рассчитывается по формуле

$$C = 0{,}241\ \frac{\varepsilon l}{\lg \frac{D_2}{D_1}},\ \textit{пф},$$

где l — длина цилиндров (длина обкладок), *см*; D_2 — внешний диаметр внутреннего цилиндра (внутренней обкладки), *см*; D_1 — внутренний диаметр внешнего цилиндра (внешней обкладки), *см.*

Конденсаторы соединяют в группы — параллельно, последовательно или смешанно (рис. 1).

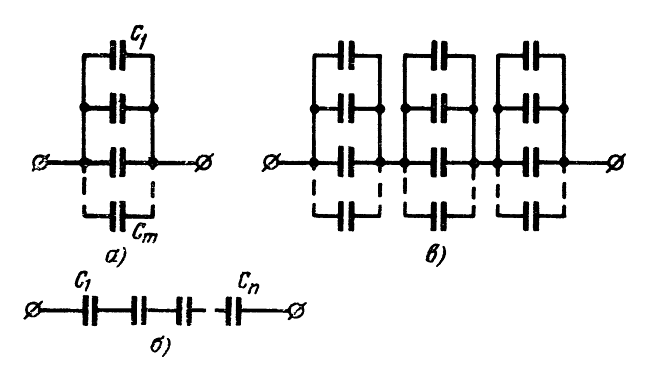


Рис. 1. Соединение конденсаторов.
а — параллельное; *б* — последовательное; *в* — смешанное

При параллельном соединении конденсаторов общая емкость равна сумме емкостей:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \ldots + C_m.$$

При последовательном соединении величина, обратная общей емкости группы, равна сумме обратных величин отдельных емкостей:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}.$$

Общая емкость двух последовательно соединенных конденсаторов равна:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

При смешанном соединении конденсаторов общую емкость находят, применяя эти формулы к отдельным участкам цепи и постепенно упрощая последнюю.

Основные электрические параметры конденсаторов следующие: номинальная емкость и допускаемое отклонение от нее, номинальное напряжение, сопротивление изоляции и тангенс угла потерь. Конденсаторы, применяемые в цепях высокой частоты, характеризуются, кроме того, предельно допустимой реактивной мощностью, температурным коэффициентом емкости, емкостным сопротивлением и собственной индуктивностью.

Номинальная емкость и допускаемое отклонение. Значение емкости, отмаркированное на конденсаторе или указанное в сопроводительной документации на него, называется номинальной емкостью. Фактическая же емкость конденсатора может отличаться от номинальной, но не больше чем на допускаемое отклонение (допуск).

Как правило, допускаемое отклонение (допуск) от номинальной указано в процентах, которое проставляют на конденсаторе после значения емкости. Так, если на конденсаторе указано «100 *пф* ± ± 10%», это означает, что номинальная емкость его равна 100 *пф*, а фактическая емкость не может быть меньше или больше 110 *пф*.

На конденсаторах очень малых емкостей допуск указывают в пикофарадах. Если на корпусе не указан допуск, то такой конденсатор имеет допускаемое отклонение от номинальной ±20%. На конденсаторах, изготовляемых только с одним определенным допускаемым отклонением от номинальной (например, КЭ или КДС), допуск не маркируют.

По величине допускаемого отклонения емкости от номинальной конденсаторы разделяются на следующие основные классы точности:

Класс . . .	001	002	005	00	0	I	II	III	IV	V	VI
Допуск, %	±0,1	±0,2	±0,5	±1	±2	±5	±10	±20	−10 +20	−20 +30	−20 +50

Образцовые конденсаторы выпускают с допуском ±0,25%, а некоторые типы низкочастотных керамических или электролитических конденсаторов — с допуском от 0 до +100%. Допуски их могут иметь промежуточные значения.

Практически не всегда можно применить точно те емкости конденсаторов, которые получились по расчету или указаны на выбранной схеме. В таких случаях можно допускать некоторые отклонения от этих величин, причем иногда без особого ущерба для качества работы выбранной схемы.

Так, например для разделительных конденсаторов применяемых в усилителях низкой частоты отклонения от рекомендуемых номиналов могут составлять 20—30%; для конденсаторов шунтирующих резисторы в цепях катодов ламп усилителей высокой и промежуточной частоты, конденсаторов фильтров и блокировочных конденсаторов в анодных цепях и цепях экранирующих сеток емкости могут быть сколь угодно большими, а емкость конденсаторов, применяемых в корректирующих цепях, улучшающих частотную характеристику усилителей низкой частоты, и в супергетеродинных приемниках для сопряжения контуров, не должна отличаться более чем на ±10%.

Номинальные емкости стандартизованы. Они образуют ряды геометрической прогрессии. Емкости конденсаторов широкого применения соответствуют рядам, имеющим условное обозначение: E_6, E_{12}, E_{24}.

Номинальные емкости конденсаторов, разработанных или модернизированных после введения ГОСТ 2519-67, с допускаемыми отклонениями ±5, ±10, ±20% должны соответствовать числам, приведенным в табл. 1, и числам, полученным путем умножения этих чисел на 10^n, где n — целое положительное или отрицательное число.

Номинальные емкости конденсаторов с допускаемыми отклонениями более ±20% следует выбирать по ряду E_6.

Таблица 1 не распространяется на электрические, бумажные и пленочные (в прямоугольных корпусах) конденсаторы, номинальные емкости которых следует выбирать исходя из приведенных ниже данных.

Номинальные емкости электролитических алюминиевых конденсаторов следует выбирать из ряда: 0,5; 1; 2; 5; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 500; 1 000; 2 000; 5 000.

Номинальные емкости (от 0,1 *мкф* и выше) конденсаторов с бумажным и пленочным диэлектриком в прямоугольных корпусах нужно выбирать из ряда: 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 20; 40; 60; 80; 100; 200; 400; 600; 800; 1 000.

Таблица 1

Номинальные емкости конденсаторов, *пф*, постоянной емкости (по ГОСТ 2519-67) с допускаемыми отклонениями ±5, ±10, ±20%

E_{24} ±5%	E_{12} ±10%	E_6 ±20%	E_{24} ±5%	E_{12} ±10%	E_6 ±20%
1,0	1,0	1,0	3,3	3,3	3,3
1,1	—	—	3,6	—	—
1,2	1,2	—	3,9	3,9	—
1,3	—	—	4,3	—	—
1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7
1,6	—	—	5,1	—	—
1,8	1,8	—	5,6	—	—
2,0	—	—	6,2	—	—
2,2	2,2	2,2	6,8	6,8	6,8
2,4	—	—	7,5	—	—
2,7	2,7	—	8,2	—	—
3,0	—	—	9,1	—	—

Приведенные в табл. 2 номинальные емкости распространяются на разработанные или модернизированные, после введения ГОСТ 2519-60, конденсаторы с диэлектриком из керамики, слюды, бумаги, пленки и других, кроме электролитических, номинальные емкости должны соответствовать ряду: 1; 2; 5; 10; 20; 100; 200; 500; 1 000, 2 000, 5 000.

Приведенные в табл. 2 величины не распространяются на конденсаторы специального назначения.

Номинальное напряжение конденсатора — наибольшее напряжение между его обкладками, при котором он способен надежно и длительно работать, сохраняя свои параметры при всех установленных для него рабочих температурах. Для большинства типов конденсаторов регламентируется номинальное напряжение постоянного тока. Допустимое напряжение переменного тока на конденсаторе, как правило, меньше номинального напряжения постоянного тока. При работе конденсаторов в цепи пульсирующего тока сумма напряжений постоянного тока и амплитудного значения напряжения переменного тока не должна превышать номинального напряжения.

Испытательное напряжение — это напряжение, которое выдерживает конденсатор без пробоя в течение короткого промежутка времени (от 5 *сек* до 1 *мин*). Испытательное напряжение превышает номинальное в 1,5—3 раза (кроме электролитических и некоторых типов металлобумажных).

Пробивное напряжение — это напряжение, при котором конденсатор пробивается. Оно всегда выше испытательного. Очевидно, что чем выше пробивное напряжение конденсатора, тем он надежнее.

Сопротивление изоляции и ток утечки. Сопротивление изоляции — это сопротивление, оказываемое конденсатором прохождению постоянного тока. Сопротивление изоляции конденсатора характеризует качество его диэлектрика, величину утечки тока через него и, следовательно, надежность работы конденсатора в схеме.

Таблица 2

Номинальные емкости конденсаторов, разработанных до введения ГОСТ 2519-67 и не подвергавшихся после введения этого стандарта модернизации (по ГОСТ 2519-60)

±20%	±10%	±5%	±20%	±10%	±5%
пф			*пф*		
1,0	1,0	1,0	330	330	330
—	—	1,1	—	—	360
—	1,2	1,2	—	390	390
—	—	1,3	—	—	430
1,5	1,5	1,5	470	470	470
—	—	1,6	—	—	510
—	1,8	1,8	—	560	560
—	—	2,0	—	—	620
2,2	2,2	2,2	680	680	680
—	—	2,4	—	—	750
—	2,7	2,7	—	820	820
—	—	3,0	—	—	910
3,3	3,3	3,3	10	10	10
—	—	3,6	—	—	11
—	3,9	3,9	—	12	12
—	—	4,3	—	—	13
4,7	4,7	4,7	15	15	15
—	—	5,1	—	—	16
—	5,6	5,6	—	18	18
—	—	6,2	—	—	20
6,8	6,8	6,8	22	22	22
—	—	7,5	—	—	24
—	8,2	8,2	—	27	27
—	—	9,1	—	—	30
100	100	100	33	33	33
—	—	110	—	—	36
—	120	120	—	39	39
—	—	130	—	—	43
150	150	150	47	47	47
—	—	160	—	—	51
—	180	180	—	56	56
—	—	200	—	—	62
220	220	220	68	68	68
—	—	240	—	—	75
—	270	270	—	82	82
—	—	300	—	—	91

±20% и	±10%	±5%	±20% и более	±10%; ±5%	±5%	±10%	±20% и более
пф			*мкф*				
1000	1000	1000	0,010	0,010	0,10	1,0	10
—	—	1100	—	—	—	—	—
—	1200	1200	—	0,012	—	—	—
1500	1500	1300	0,015	0,015	0,15	1,5	15
—	—	1500	—	—	—	—	—
—	1800	1600	—	0,018	—	—	—
—	—	1800	—	—	—	—	—
2220	2200	2000	0,022	0,022	0,22	2,2	22
—	—	2200	—	—	—	—	—
—	2700	2400	—	0,027	—	—	—
—	—	2700	—	—	—	—	—
3330	3300	3000	0,033	0,033	0,33	3,3	33
—	—	3300	—	—	—	—	—
-	3900	3600	—	0,039	—	—	—
—	—	3900	—	—	—	—	—
4700	4700	4300	0,047	0,047	0,47	4,7	47
—	—	4700	—	—	—	—	—
—	5600	5100	—	0,056	—	—	—
—	—	5600	—	—	—	—	—
6800	6800	6200	0,068	0,068	0,68	6,8	68
—	—	6800	—	—	—	—	—
—	8200	7500	—	0,082	—	—	—
—	—	8200	—	—	—	—	100
—	—	9100	—	—	—	—	—

Сопротивление изоляции конденсатора необходимо учитывать в первую очередь при его эксплуатации на постоянном токе и низких частотах. Для конденсаторов, применяемых для разделения цепей по постоянному току (например, между сеткой и анодом ламп) и во временных цепях, сопротивление изоляции должно быть достаточно большим: его снижение может вызвать нарушение нормальной работы всего устройства. Для блокировочных и фильтровых конденсаторов допустимо меньшее сопротивление изоляции.

Обычно сопротивление изоляции измеряют между выводами обкладок при подаче на них напряжения постоянного тока. У конденсаторов с металлическим корпусом (если один из его выводов не соединен с корпусом) измеряют еще сопротивление изоляции между выводом и корпусом. Это сопротивление считается практически достаточным, если оно в нормальных условиях не менее 5 000 *Мом*.

Керамические и слюдяные конденсаторы в нормальных условиях имеют сопротивление изоляции между обкладками десятки и сотни тысяч мегом, а бумажные — порядка сотен и тысяч мегом.

У электролитических конденсаторов измеряют не сопротивление изоляции, а ток утечки при номинальном напряжении. Ток утечки обычно тем выше, чем больше емкость конденсатора и, колеблется

от долей микроампера (танталовые конденсаторы) до нескольких миллиампер (алюминиевые конденсаторы).

При повышении температуры, влажности и длительном хранении происходит расформовка электролитических конденсаторов — ток утечки увеличивается.

Конденсаторы с низким сопротивлением изоляции и с большими токами утечки устанавливать в аппаратуру не следует.

Потери в конденсаторах. Во всяком включенном в цепь переменного тока конденсаторе имеются потери электрической энергии. Она обращается в тепловую энергию и конденсатор нагревается. В основном энергия теряется в диэлектрике. Потери эти характеризуют тангенсом угла δ, который является дополнением до 90° к углу сдвига фаз φ между действующим на конденсаторе переменным напряжением и проходящим через него переменным током, т. е. $\delta = 90° - \varphi$. Чем больше потери в конденсаторе, тем больше угол потерь δ и тем больше $\operatorname{tg} \delta$.

Наименьшие потери имеют конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики; у этих конденсаторов на высокой частоте $\operatorname{tg} \delta \leqslant 0{,}0012 \div 0{,}0025$. Бумажные конденсаторы на частоте 1 *кгц* имеют $\operatorname{tg} \delta \leqslant 0{,}01$, а электролитические на частоте 50 *гц* $\operatorname{tg} \delta = 0{,}1 \div 0{,}2$.

Предельная реактивная мощность. При работе конденсаторов в цепях со значительным напряжением высокой частоты (например, в передатчиках) необходимо считаться с тем, что на них выделяется реактивная мощность, которая прямо пропорциональна квадрату напряжения на конденсаторе, частоте сигнала и емкости. Поэтому если на конденсаторах имеется достаточно большое переменное напряжение высокой частоты, то необходимо принимать во внимание и реактивную мощность во избежание перегрева и выхода их из строя.

В приемно-усилительной аппаратуре конденсаторы обычно работают при небольших переменных напряжениях, поэтому здесь практически можно использовать конденсаторы с любой сколь угодно малой реактивной мощностью.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ). При изменении температуры окружающей среды емкость конденсатора изменяется. Изменение емкости может быть обратимым и необратимым. В первом случае емкость после установления первоначальной температуры возвращается к своему исходному значению, во втором — не возвращается.

Параметр, характеризующий обратимое изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1° С, называется температурным коэффициентом емкости (ТКЕ), который выражают в миллионных долях изменения емкости, отнесенных к градусу Цельсия (10^{-6} *град*$^{-1}$), и может быть положительным, отрицательным или близким к нулю.

Конденсаторы постоянной емкости в зависимости от температурной стабильности разделяются на группы, каждая из которых характеризуется своим ТКЕ. В табл. 3 приведены температурные коэффициенты некоторых типов конденсаторов и указан способ маркировки по ТКЕ. Для обозначения ТКЕ используются условные обозначения в виде букв, обозначающих знак ТКЕ (М — минус, П — плюс, МП — близкое к нулю), и цифр, указывающих значение ТКЕ в миллионных долях, а также цветная кодировка. Ранее области значений ТКЕ обозначали отдельными буквами (например, П, С,

Таблица 3

Значения температурных коэффициентов конденсаторов и их условное обозначение

Вид конденсатора	Тип конденсатора	Значение ТКЕ на $1°C \cdot 10^{-6}$	Диапазон температур для ТКЕ, 0 °C	Условное обозначение группы и ее маркировка на корпусе конденсатора		
				буквами и цифрами[1]	цветным кодом	
					цвет покрытия конденсатора	цвет маркировочной точки
Керамические	—	$+(120\pm30)$		П120	Синий	Без точки
		$+(100\pm30)$		П100		Черный
		$+(33\pm30)$		П33	Серый	Без точки
		0 ± 30		МП0	Голубой	Черный
		$-(33\pm30)$	От 20	М33		Коричневый
		$-(47\pm30)$		М47		Без точки
		$-(75\pm30)$	до 70	М75		Красный
		$-(150\pm40)$		М150	Красный	Оранжевый
		$-(220\pm40)$		М220		Желтый
		$-(330\pm100)$		М330		Зеленый
		$-(470\pm100)$		М470		Синий
		$-(750\pm100)$		М750		Без точки
		$-(700\pm100)$		(М700)		—
		$-(1500\pm200)$		М1500	Зеленый	Без точки
		$-(1300\pm200)$		(М1300)		—
		$-\left(2200^{+500}_{-300}\right)$		М2200	Зеленый	Желтый

Вид конденсатора	Тип конденсатора	Значение ТКЕ на $1^\circ C \cdot 10^{-6}$	Диапазон температур для ТКЕ, 0 °С	Условное обозначение группы и ее маркировка на корпусе конденсатора		
				буквами и цифрами[1]	цветным кодом	
					цвет покрытия конденсатора	цвет маркировочной точки
Стеклоэмалевые	СКС-1 ДС	0±30 —(65±30) +(70±35) +(150±30) ⩽±50	От 20 до 100 — от —60 до +100	О М Р П —	— — — — —	— — — — —
Слюдяные	—	⩽±200 ⩽±100 ⩽± 50	Во всем рабочем диапазоне	Б В Г	— — —	— — —
Металлопленочные	МПО МПГО	⩽—150	От 20 до 60	—	—	—
Пленочные	К72П-6 ПМ ФТ	⩽—200 ⩽—200 +50 ÷ —200	От —60 до +200 От 20 до 70 От —60 до +200	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —

[1] Для керамических конденсаторов буквы указывают знак ТКЕ: М — отрицательный, П — положительный.

Р и т. д.); однако для некоторых типов конденсаторов эта кодировка сохранилась и до настоящего времени.

Зная ТКЕ, ожидаемое изменение емкости (ΔC) при изменении температуры на Δt можно определить из выражения

$$\Delta C = C_{\text{ном}}\ \text{ТКЕ}\ \Delta t.$$

Так, например, если ТКЕ конденсатора равен $150 \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$, $C_{\text{ном}} = 100$ *пф*, температура изменяется от 20 до 40° С, то

$$\Delta C = 100 \cdot 150 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - 20) = 0{,}3 \text{ пф}.$$

Обычно ТКЕ указывают для конденсаторов, для которых зависимость емкости от температуры приближается к линейной (высокочастотные керамические, слюдяные воздушные, полистирольные и др.). Для конденсаторов, у которых эта зависимость явно нелинейна (сегнетокерамические), а также для конденсаторов, точные сведения об изменении емкости которых не представляют практического значения (электролитические, бумажные), обычно приводят относительное изменение емкости в интервале рабочих температур.

Так, например, емкость бумажных конденсаторов в диапазоне температур от —40 до +70° С обычно изменяется не более чем на ±10% по сравнению с емкостью в нормальных условиях; для электролитических конденсаторов изменение емкости при температуре +120° С не должно превышать +15%, а при температуре —80° С не должно превышать —15% относительно емкости, измеренной при +20° С.

Емкостное сопротивление. Любой конденсатор для постоянного тока представляет бесконечно большое сопротивление, которое тем меньше, чем больше емкость конденсатора.

Для переменного тока конденсатор представляет некоторое сопротивление, которое тем меньше, чем больше емкость конденсатора и выше частота переменного тока.

Сопротивление, которое оказывает емкость проходящему в цепи переменному току, называется емкостным сопротивлением и обозначается через X_C.

Емкостное сопротивление в омах можно вычислить по формуле

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{6{,}28 fC},$$

где f — частота, *гц*; C — емкость, *ф*.

В емкостном сопротивлении никакой мощности не расходуется, и поэтому это сопротивление часто называется реактивным.

В табл. 4 приведены емкостные сопротивления для различных конденсаторов при разных частотах.

Собственная индуктивность. Индуктивность конденсаторов ограничивает их применение в цепях переменного тока ВЧ, особенно в УКВ и КВ аппаратуре.

Индуктивность конденсатора зависит от размеров его обкладок и конструкции выводов. Для уменьшения индуктивности бумажных конденсаторов малой емкости (несколько сотен или тысяч пикофарад) выводы от обкладок образуются краями самих обкладок: одна фольговая лента выступает за края бумажных лент в одну сторону, а другая фольговая лента — в другую сторону. Все выступающие слои фольговых лент с каждой стороны спаивают вместе и припаивают к наружным выводам. При этом индуктивность конденсаторов значительно уменьшается, потому, что ток входит в каждый слой обкладки.

Таблица 4

Зависимость емкостного сопротивления конденсатора от значения емкости

Частота	Емкость конденсатора					
	10 *пф*	100 *пф*	1000 *пф*	10 000 *пф*	0,1 *мкф*	1 *мкф*
	Емкостное сопротивление					
50 *гц*	320 *Мом*	32 *Мом*	3,2 *Мом*	320 *ком*	32 *ком*	3,2 *ком*
1 000 *гц*	16 *Мом*	1,6 *Мом*	160 *ком*	16 *ком*	1,6 *ком*	160 *ом*
1 000 *кгц*	80 *ком*	8 *ком*	800 *ом*	80 *ом*	8 *ом*	0,8 *ом*
1 200 *кгц*	16 *ком*	1,6 *ком*	160 *ом*	16 *ом*	1,6 *ом*	0,16 *ом*
10 000 *кгц*	1,6 *ком*	160 *ом*	16 *ом*	1,6 *ом*	0,16 *ом*	0,016 *ом*

В конденсаторах большой емкости для уменьшения индуктивности иногда делают от каждой обкладки по 2—4 и больше проволочных вывода, соединяя их внешние концы параллельно. Эффективную индуктивность конденсатора большой емкости (бумажного, электролитического) можно уменьшить путем присоединения параллельно к нему конденсатора малой емкости (слюдяного, керамического). Минимальной индуктивностью обладают «проходные» конденсаторы. Индуктивность этих конденсаторов обычно мала, и ее выражают в микрогенри или наногенри.

В табл. 5 приведены собственные индуктивности L конденсаторов некоторых типов и указаны максимальные частоты $f_{макс}$, выше которых применять их не рекомендуется.

Таблица 5

Индуктивность и максимальные рабочие частоты некоторых конденсаторов

Тип конденсатора	Емкость, *пф*	Индуктивность, *нгн*	$f_{макс}$, *Мгц*
КД-1, КД-2а	1—270	1—4	5000—150
КД-2в	680—6800	—	200—30
КТ-1, КТ-2	1—1000	3—15	3000—40
КСО-1, КСО-2	10—180	3—5	1000—250
	200—100	—	200—100
БМ, БГМ, КБГ-М	100—1000	3—5	30—100
	1100—5100	—	75—30
	5600—20 000	—	30—10
ЭТО-1, ЭТО-2	$(1 \div 10) \cdot 10^6$	3—5	3—0,7
	$(10 \div 80) \cdot 10^6$	5—10	0,7—0,2
	$(100 \div 1000) \cdot 10^6$	15—20	0,15—0,035
Переменной емкости (воздушный)	—	10—60	50—100

ТРЕБОВАНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ КОНДЕНСАТОРОВ

В современной технике конденсаторы находят широкое применение в таких областях, как электроника, электроэнергетика и др.

В разных цепях схемы к конденсаторам предъявляют самые разнообразные требования, и применяются они для разных целей.

Так, конденсаторы малой емкости (десятки и сотни пикофарад) чаще всего применяют для прохождения токов высокой частоты, а для прохождения токов низкой частоты применяют конденсаторы бóльшей емкости (сотые, десятые доли микрофарады и целые микрофарады). Во многих случаях конденсаторы используются для отделения постоянного тока от переменного, а также токов высокой частоты от токов низкой.

Основные функции конденсаторов в радиотехнических схемах следующие.

1. Работа в колебательном контуре. Конденсатор, который служит необходимой составной частью колебательного контура, должен обладать малыми потерями и стабильностью емкости при воздействии различных внешних дестабилизирующих факторов.

2. Работа в качестве емкости связи или разделительной емкости. Для таких конденсаторов большое значение имеет сопротивление изоляции между его обкладками, а также между «землей» и обкладками.

3. Работа в качестве фильтрующего элемента или блокирующей емкости. Второстепенное значение при этом применении имеют потери, но большое значение имеет полное результирующее сопротивление (с учетом индуктивности).

Электрические свойства, конструкция и область применения всякого конденсатора в конечном итоге определяются его диэлектриком. Поэтому конденсаторы правильнее всего классифицировать по роду диэлектрика как наиболее характерному признаку.

I. **Конденсаторы постоянной емкости.** 1. Конденсаторы с твердым неорганическим диэлектриком: слюдяные, керамические, стеклянные, стеклокерамические, тонкослойные из неорганических пленок.

2. Конденсаторы с твердым органическим диэлектриком: бумажные, металлобумажные, пленочные, комбинированные, тонкопленочные.

3. Электролитические (оксидные) конденсаторы: алюминиевые, танталовые, ниобиевые и др.

II. Конденсаторы переменной емкости. 1. С механическим управлением емкости: с воздушным диэлектриком, с твердым диэлектриком.

2. С электрическим управлением емкости: сегнетокерамические (вариконды), полупроводниковые (варикапы).

При заданном типе диэлектрика конденсаторы можно классифицировать еще и по режиму работы, для которого предназначается данный конденсатор.

Различают следующие основные режимы работы: при постоянном или выпрямленном напряжении; при переменном напряжении технической частоты 50 *гц*; при звуковых частотах; при радиочастотах 0,1—100 *Мгц*; при импульсных режимах.

В каждом из этих случаев различают конденсаторы низкого и высокого напряжения (низковольтные и высоковольтные). Обычно под термином «низкое напряжение» применительно к рабочему напряжению конденсаторов понимают напряжение 500 *в* и ниже.

В ряде случаев конденсаторы различают также по их применению, присваивая им дополнительное наименование, указывающее на основной характер применения конденсатора: конктурный, фильтровой, анодно-разделительный, импульсный, защитный и т. п.

КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ С ТВЕРДЫМ НЕОРГАНИЧЕСКИМ ДИЭЛЕКТРИКОМ

КОНДЕНСАТОРЫ СЛЮДЯНЫЕ

В конденсаторах этого типа диэлектриком служит слюда. Наиболее распространенный тип КСО — Конденсатор Слюдяной Опрессованный. Их выпускают десяти видов; широко применяются КСО-1, КСО-2, КСО-5. Их изготавливают с обкладками из фольги или с металлизированными обкладками из серебра, нанесенного непосредственно на поверхность слюды (рис. 2). Слюдяные конденсаторы в большинстве своем обладают положительным ТКЕ.

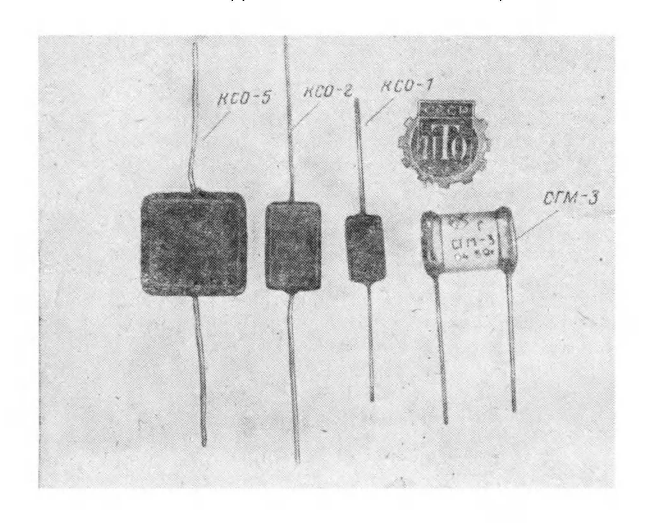


Рис. 2. Конденсаторы слюдяные.

Конденсатор КСГ — Конденсатор Слюдяной Герметизированный, заключен в металлический корпус, выпускается двух видов — КСГ-1 и КСГ-2. Конденсатор СГМ — Слюдяной Герметизированный Малогабаритный, заключен в керамический корпус с металлическими торцевыми колпачками, выпускается четырех видов — СГМ-1, СГМ-2, СГМ-3, СГМ-4.

Слюдяные конденсаторы применяют как переходные, разделительные, блокировочные и в различных фильтрах.

Кроме вышеуказанных низковольтных конденсаторов, изготавливают и высоковольтные слюдяные конденсаторы. Высоковольтные слюдяные конденсаторы выпускают на номинальные напряжения 1,0—25 *кв*, они имеют номинальные емкости от 100 *пф* до 2,0 *мкф*. Однако в настоящее время слюдяные высоковольтные конденсаторы применяют довольно редко, их успешно заменяют высоковольтными керамическими.

В табл. 1 приведены основные данные слюдяных конденсаторов.

КОНДЕНСАТОРЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ

Керамический конденсатор состоит из керамической пластинки или трубки с обкладками из тонкого слоя металла, обычно из серебра, нанесенного при высокой температуре методом выжигания.

Керамика, применяемая в конденсаторах этого типа, называется конденсаторной. Она разделяется на высокочастотную и низкочастотную. Высокочастотная конденсаторная керамика характеризуется низкими диэлектрическими потерями в полях высокой частоты $\operatorname{tg}\delta \leqslant 0{,}0012 \div 0{,}0025$ и в диапазоне частот (0,5—1,5) *Мгц* практически остается неизменной, а емкость этих конденсаторов при изменении температуры изменяется почти по линейному закону. Благодаря этим высоким электрическим характеристикам конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики находят широкое применение в цепях с токами высокой частоты и в импульсных цепях в качестве контурных, разделительных и блокировочных.

Низкочастотная керамика обладает значительно большей диэлектрической проницаемостью, вследствие чего при тех же габаритах эти конденсаторы обладают значительно большей емкостью, чем конденсаторы из высокочастотной керамики. При этом конденсаторы из низкочастотной керамики имеют меньший объем, чем слюдяные и бумажные конденсаторы тех же емкости и номинального напряжения.

Так, например, у конденсаторов из низкочастотной керамики на номинальное напряжение до 150 *в* удельная емкость достигает 0,2—0,3 *мкф/см*^{3}. Однако конденсаторы с таким диэлектриком обладают большим тангенсом угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$ до 0,04 на частотах примерно 1 *кгц* и до 0,02—0,03 на высоких частотах).

При изготовлении конденсаторов широкого применения в качестве низкочастотной керамики применяют, в основном, сегнетокерамику. В дальнейшем конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики будем называть высокочастотными конденсаторами, а конденсаторы из низкочастотной керамики — низкочастотными.

По температурным свойствам керамические конденсаторы делят на несколько групп (см. табл. 3 и 6). Конденсаторы, имеющие наименьший ТКЕ, называются термостабильными; их применяют в колебательных контурах генераторов высокой стабильности, например в измерительной аппаратуре. Конденсаторы, имеющие отрицательный ТКЕ, называются термокомпенсирующими. Их следует применять в колебательных контурах, так как уменьшение их емкости при повышении температуры приводит к увеличению собственной частоты контура, а нагрев других деталей контура способствует уменьшению его частоты. В результате этого изменение собственной частоты контура при повышении температуры будет незначительным.

Таблица 6

Допускаемое изменение емкости низкочастотных конденсаторов в интервале рабочих температур от —60 до +85°С относительно емкости в нормальных условиях

Допускаемое изменение емкости, %	Условное обозначение группы буквами и цифрами[1]	Цвет маркировочной точки на оранжевом корпусе конденсаторов
±10	Н10	Черная
±20	Н20	Красная
±30	Н30	Зеленая
—50	Н50	Синяя
—70	Н70	—
—90	Н90	Белая

[1] Буква Н означает «ненормированный ТКЕ».

Таблица 7

Обозначение номинального напряжения керамических конденсаторов КЛС и КЛС

Номинальное напряжение, *в*	Цвет маркировочной точки или цифры на корпусе конденсатора КЛГ	Цвет маркировочной полоски на корпусе конденсатора КЛС
35	—	Бежевая с белой точкой или без нее на оранжевом корпусе
50	—	Бежевая с зеленой точкой на оранжевом корпусе
70	—	Бежевая на голубом, красном, зеленом корпусе или бежевая с синей точкой на оранжевом корпусе
70	Зеленая; 1	—
100	—	Коричневая с зеленой точкой на оранжевом корпусе
125		Коричневая на голубом, красном, зеленом корпусе или коричневая с синей точкой на оранжевом корпусе
160	—	Черная на оранжевом корпусе
160	Фиолетовая; 2	—
200	—	Черная на голубом, красном, зеленом корпусе
250	Желтая; 3	—

Конденсаторы низкочастотные. Особенностями низкочастотных керамических конденсаторов является резкая зависимость емкости от температуры, а для некоторых типов конденсаторов — зависи-

мость емкости от величины приложенного напряжения. Кроме того, они обладают сравнительно большими потерями. Поэтому такие конденсаторы применяют в цепях, где потери не имеют большого значения, (например, в цепях автоматического смещения на управляющие сетки ламп), при относительно узком интервале рабочих температур или когда изменение их емкости мало сказывается на работе аппаратуры.

К конденсаторам этого типа можно отнести КДС, выпускаемые трех видов КДС-1, КДС-2, КДС-3.

Конденсаторы керамические высокочастотные. Наибольшее распространение получили конденсаторы дисковые (КД) и трубчатые (КТ, КГТ), которые благодаря своим малым размерам нашли применение в радиоаппаратуре, в том числе собранной на транзисторах (рис. 3). Конденсаторы КД имеют диаметр диска 6—16 *мм* и

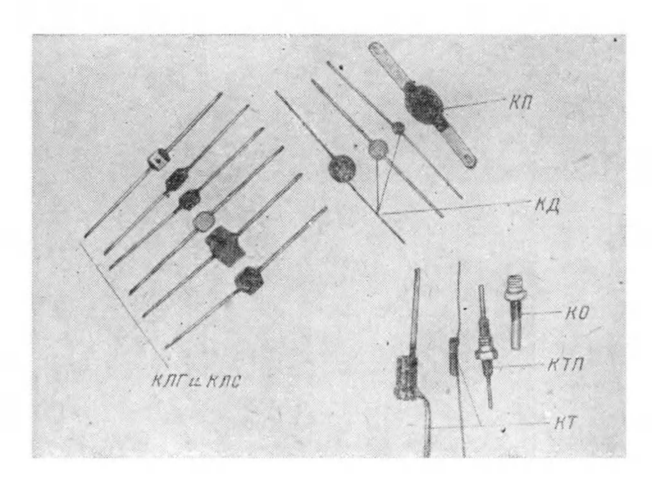


Рис. 3. Конденсаторы керамические низковольтные.

выпускаются двух видов — КД-1 и КД-2. Конденсаторы КТ имеют размеры по длине 10—50 *мм*, а диаметр корпуса 1,5—6 *мм*, выпускаются следующих видов: КТ-1, КТ-2, КТ-3, КТ-4. Конденсаторы КГТ — герметизированные, имеют разновидность с КГК-1 до КГК-5, длина корпуса 16—55, а диаметр у всех равен 7 *мм*.

В последнее время широкое применение в радиоаппаратуре на полупроводниковых приборах нашли керамические конденсаторы с большими емкостями при малых габаритах. Это конденсатор типа КЛГ — Конденсатор Литой Герметизированный и его разновидность, выпускаемая под индексом КЛС — Конденсатор Литой Секционированный (предназначен для малоответственной радиоаппаратуры, работающей в условиях невысокой относительной влажности — до 80%). Конденсаторы выпускаются трех видов в зависимости от номинального напряжения: КЛГ-1, КЛГ-2, КЛГ-3 и КЛС-1, КЛС-2, КЛС-3. Емкость его обозначается на конденсаторе цветной точкой или цифрой для КЛГ, а для КЛС — цветными полосками согласно табл. 7.

Предназначаются они для работы в цепях постоянного и переменного токов, а также в импульсных цепях в качестве контурных, разделительных и блокировочных.

Конденсаторы: КП — Керамический Пластинчатый и КПС — Керамический Пластинчатый Сегнетоэлектрический — выпускаются следующих видов: КП-1, КП-2, КП-3, КП-4 и КПС-1, КПС-2, КПС-3, КПС-4.

Конденсаторы керамические проходные и опорные предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов в непрерывном и импульсном режимах. Применение находят конденсаторы КТП — Керамические Трубчатые Проходные, КО — Керамические Опорные, КДО — Керамические Дисковые Опорные. Конденсаторы КТП изготовляют пяти видов, КО — трех видов, КДО — одного вида.

Кроме керамических конденсаторов, предусмотренных ГОСТ, выпускают большое количество нестандартизованных типов керамических конденсаторов. Среди них можно привести конденсаторы типа К10-7. Конденсаторы К10-7 — Высокочастотные Пластинчатые. Их изготовляют двух видов в зависимости от номинального напряжения: К10-7А и К10-7В, размерами $4 \times 4 \times 3 - 12 \times 12 \times 4$ *мм* и $4 \times 4 \times 4 - 12 \times 12 \times 5$ *мм*. Выводы конденсаторов обеих серий однонаправленные, что удобно при установке их на платах с печатным монтажом.

В современной электронной аппаратуре широкое применение находят и керамические конденсаторы высокого напряжения. Основные конструктивные формы этого вида конденсаторов следующие: цилиндрическая (трубка), горшковая, плоская (дисковая) и бочоночная.

Конденсаторы КОБ — Керамические Опрессованные, предназначены для работы в цепях питания высоким напряжением кинескопов в качестве фильтровых. Такие конденсаторы выпускают следующих трех видов; КОБ-1, КОБ-2 и КОБ-3. Выводы конденсаторов допускают припайку к ним провода диаметром до 2 *мм* на расстоянии не менее 7 *мм* от корпуса.

Конденсаторы КВДС — Керамические Высоковольтные Дисковые Сегнетокерамические, предназначены для работы в качестве разделительных и блокировочных. Выпускаются четырех видов — КВДС-1, КВДС-2, КВДС-3, КВДС-4.

Конденсаторы КВИ — Керамические Высоковольтные Импульсные. Изготовляют трех видов — КВИ-2, КВИ-3, КВИ-4.

Конденсаторы КОБ и КВДС до настоящего времени были основными представителями низкочастотной группы высоковольтных конденсаторов (за исключением конденсаторов КВИ) и то с ограниченным рядом видономиналов по емкости и напряжению.

В связи с этим возникла необходимость выпуска новых типов низкочастотных высоковольтных конденсаторов с расширенным рядом видономиналов. Это конденсаторы К15-4, разработанные на базе конденсаторов КОБ, и конденсаторы К15-5, разработанные на базе конденсаторов КВДС (рис. 4).

Конденсаторы К15-4 конструктивно представляют собой цилиндр (бочкообразной формы), на торцы которого методом вжигания серебряной пасты нанесены электроды. К электродам припаяны аксиальные стержневые выводы, залитые органической массой. Размеры: диаметр 19 — 55 *мм*, длина 19 — 54 *мм*.

Конденсаторы К15-5 выполнены в форме дисков, на плоскости которых с зазором по краю для увеличения разрядного промежутка нанесены серебряные электроды, а к ним припаяны медные выводы;

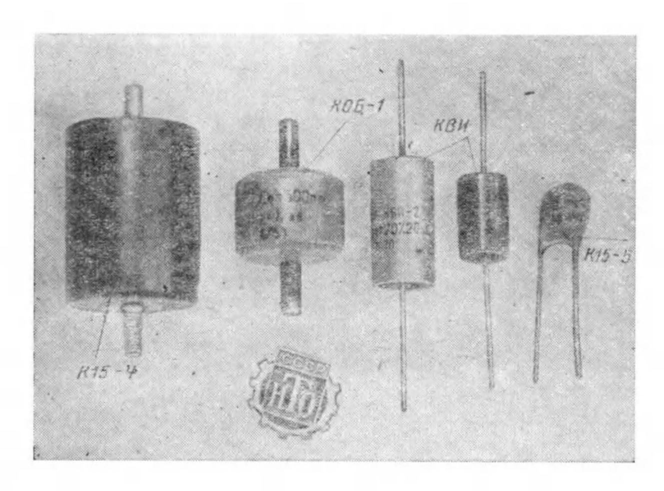


Рис. 4. Конденсаторы керамические высоковольтные.

конденсатор покрыт защитным компаундом. Выводы у конденсаторов однонаправленные, что создает удобство при монтаже в аппаратуре на печатных платах. Размеры: диаметр 8 — 38 *мм*, высота 4—7 *мм*. В табл. П1 приведены основные данные керамических конденсаторов.

КОНДЕНСАТОРЫ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫЕ

Стеклоэмалевые конденсаторы состоят из чередующихся слоев стеклоэмали и электродов. Высокая электрическая прочность стеклоэмали позволила получить конденсатор малых размеров на высокое напряжение. По электрическим характеристикам и области применения стеклоэмалевые конденсаторы аналогичны слюдяным конденсаторам малой мощности и керамическим высокочастотным.

Широко распространены стеклоэмалевые конденсаторы следующих типов — ДС (дисковые стеклоэмалевые), КС (КС-1, КС-2, КС-3) — стеклоэмалевые; они выпускаются с выводами и без выводов, последние предназначены для печатного монтажа и малогабаритной аппаратуры. В табл. П1 приведены основные данные стеклоэмалевых конденсаторов.

КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ С ТВЕРДЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ ДИЭЛЕКТРИКОМ

КОНДЕНСАТОРЫ БУМАЖНЫЕ

Диэлектриком у них служит клетчатка (целлюлоза), пропитанная различными изолирующими веществами (конденсаторное масло, вазелин, парафин, и др.), а обкладками — полосы из металлической

фольги. Выводы с обкладками соединены при помощи вкладных выводов либо пайкой к выступающей фольге.

Бумажные конденсаторы преимущественно применяют в цепях постоянного тока; в последнее время их начали применять в импульсных режимах при ограниченной частоте следования импульсов, при небольших напряжениях, когда мощность потерь невелика и при повышенных частотах (до 1 *мгц*).

Конденсатор КБГ — Конденсатор Бумажный Герметизированный. Конденсаторы КБГ изготовляют в нескольких конструктивных вариантах (рис. 5): КБГ-И — Конденсатор Бумажный Герметизированный в цилиндрическом керамическом корпусе. КБГ-М — Конденсатор Бумажный Герметизированный в Металлическом цилиндрическом корпусе. Он имеет разновидности КБГ-М1 и КБГ-М2 (конденсатор КБГ-М2 в качестве переходного применять не следует, так как у него одна из обкладок соединена с корпусом). КБГ-МП — Конденсатор Бумажный Герметизированный в Металлическом Прямоугольном корпусе плоский со стеклянными или керамическими изоляторами. Изготавливают с двумя и тремя выводами. В зависимости от расположения выводов конденсаторы КБГ-МП разделены на три варианта: В — с выводами сверху, Б — сбоку, Н — снизу.

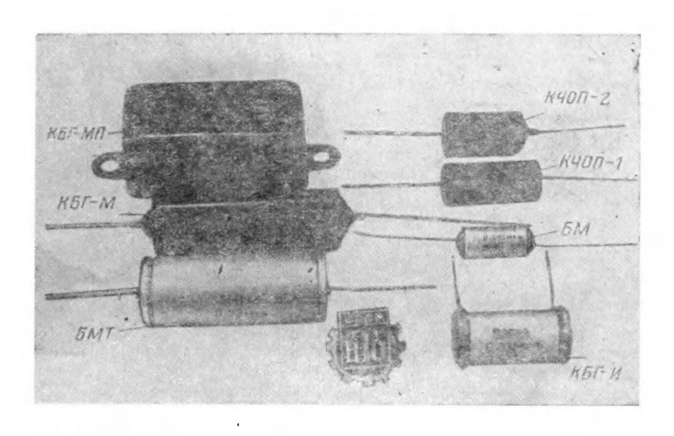


Рис. 5. Конденсаторы бумажные.

Конденсаторы КБГ-МП выпускают также сдвоенными блоками в одном корпусе с теми же вариантами крепления и расположения выводов. Кроме того, их выпускают следующих конструкций:

с одним и двумя изолированными выводами на корпус;

с тремя изолированными выводами и выводом на корпус, выводы могут быть расположены сверху, сбоку и снизу корпуса.

КБГ-МН — Конденсатор Бумажный Герметический в Металлическом прямоугольном корпусе Нормальный со стеклянными или керамическими изоляторами, выпускают в нескольких вариантах с различными способами крепления корпуса и расположения выводов.

Для работы при повышенной температуре выпускают конденсаторы БГТ — Бумажные Герметизированные Термостойкие в корпу-

сах двух размеров, а также в виде сдвоенных блоков в одном корпусе с общим выводом, соединенным с корпусом.

Наряду с герметизированными бумажными конденсаторами выпускают также конденсаторы уплотненной конструкции. Кроме устаревших типов КБ (в картонных корпусах, залитых битумом) и БПП (в прямоугольном металлическом корпусе открытого типа) выпускают новые типы малогабаритных конденсаторов БМ и БМТ. У этих конденсаторов в качестве корпуса использована алюминиевая трубка.

Конденсаторы БМ и БМТ имеются двух разновидностей: БМ-1, БМТ-1 и БМ-2, БМТ-2; БМ-1 и БМТ-1 изготовляют с вкладными контактными узлами, а БМ-2 и БМТ-2 с паяными контактными узлами. Размеры их не превышают: диаметр 5—7,5 *мм*, длина 11 — 14,5 *мм*.

Конденсаторы БМ-1, КБГ-М, КБГ-МН, КБГ-МП в цепях с очень низкими напряжениями применять не рекомендуется. В таких цепях применяют только конденсаторы, в которых выводы припаяны или приварены к обкладкам (например, БМ-2).

Конденсатор БГМ — Бумажный Герметизированный Малогабаритный имеет разновидность БГМ-1 с одним изолированным выводом и БГМ-2 с двумя изолированными выводами. Размеры БГМ: диаметр 6 — 11 *мм*, длина 18 *мм*.

Из новых типов бумажных конденсаторов следует выделить К40П (К40П-1, К40П-2, К40П-3) и К40У-9.

Конденсатор К40П-1 — Малогабаритный Опрессованный в пластмассовом корпусе с проволочными торцевыми выводами. Конденсатор К40П-2 заключен в металлический корпус, герметизированный; выпускается двух видов К40П-2а и К40П-2б. Разница между ними заключается в том, что у конденсаторов К40П-2а одна из обкладок соединена с корпусом, а другая имеет изолированный от корпуса проволочный вывод. У конденсатора К40П-2б оба вывода изолированы; размеры его: диаметр 6 и 11 *мм* в зависимости от емкости, длина 19 *мм*.

Конденсаторы К4ОУ-9 разработаны для более тяжелых условий эксплуатации (высокая влажность, верхний предел температуры до +125° С); это цилиндрические герметизированные конденсаторы в стальных корпусах со стеклоопрессованными изоляторами.

В табл. П1 приведены основные данные бумажных конденсаторов, а на рис. 5 — некоторые типы.

КОНДЕНСАТОРЫ МЕТАЛЛОБУМАЖНЫЕ

Название металлобумажных получили бумажные конденсаторы, в которых в качестве обкладок применяют тонкий слой металла, нанесенный на бумагу. Диэлектриком служит лакированная конденсаторная бумага.

Металлобумажные конденсаторы имеют по сравнению с бумажными меньшие габаритные размеры (при равных номинальных напряжениях и емкостях), а по сравнению с электролитическими — обладают меньшими токами утечки, большим сроком службы и лучшей холодоустойчивостью. Малая толщина обкладок придает металлобумажным конденсаторам весьма ценное только им присущее свойство — «самовосстановление» электрической прочности при единичных пробоях бумаги, так как при этом тонкий слой металла вокруг места пробоя испаряется, тем самым изолируя место корот-

кого замыкания. Заметим, однако, что в низковольтных цепях с высоким полным сопротивлением тепло, развиваемое дугой при пробое, может оказаться недостаточным, чтобы произошло самовосстановление.

Недостаток металлобумажных конденсаторов заключается в том, что сопротивление изоляции у них ниже, чем у бумажных, оно уменьшается также при длительном хранении в бездействующем состоянии и с увеличением числа самовосстанавливающихся пробоев. Наиболее часто и резко снижается сопротивление изоляции у конденсаторов с однослойным диэлектриком (например, МБГО). Металлобумажные конденсаторы с однослойным диэлектриком (МБМ, МБГП, МБГЦ с номинальным напряжением до 250 *в* и МБГО всех напряжений) нежелательно применять в цепях с низким напряжением (несколько вольт или долей вольта).

Металлобумажные конденсаторы в основном применяют в цепях развязок, блокировок и фильтров (рис. 6).

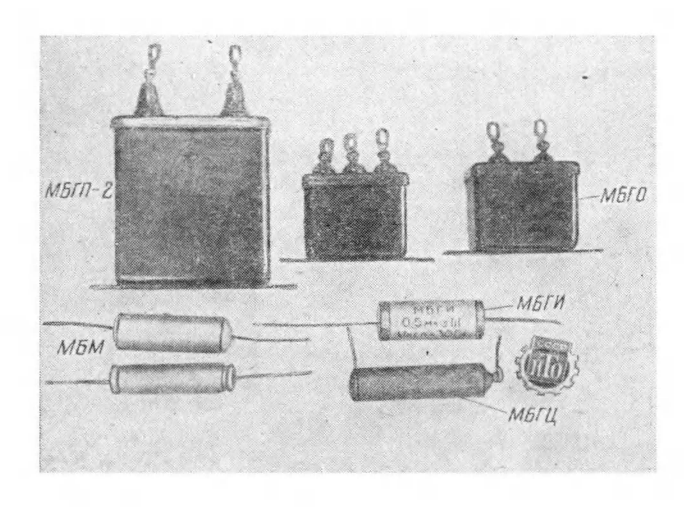


Рис. 6. Конденсаторы металлобумажные.

К металлобумажным относятся конденсаторы:

МБМ — МеталлоБумажный Малогабаритный, корпус металлический цилиндрической формы. Размеры: диаметр 6 — 14 *мм*, длина — 18 — 31 *мм*, масса 2 — 10 *г*;

МБГО — МеталлоБумажный Герметизированный Однослойный (выпускается двух видов);

МБГЦ — МеталлоБумажный Герметизированный в Цилиндрическом корпусе (выпускается двух видов): МБГЦ-1 с одним изолированным выводом и МБГЦ-2 с двумя изолированными выводами;

МБГП — МеталлоБумажный Герметизированный в Прямоугольном корпусе; выпускается трех видов с различным креплением: МБГП-1 без планок для крепления; МБГП-2 с планками для крепления, последний выпускается блочного типа;

МБГЧ — МеталлоБумажный Герметизированный Частотный:

выпускается в корпусе прямоугольной формы трех основных размеров с различными видами крепления. Размеры корпуса: 25×31 *мм*, 115×69 *мм* и 50×46 *мм*.

МБГТ — МеталлоБумажный Герметизированный Термостойкий, обладает большим постоянством емкости.

Конденсатор нового типа К42-11 широко применяют в телевизионной аппаратуре. Работает он в цепях строчной развертки телевизоров в импульсном режиме с частотой следования импульсов не более 15 625 *гц* и максимальным напряжением не более 18 *в*. Размеры: диаметр 18, 20, 24 и 30 *мм*, длина 50 *мм*.

Основные данные металлобумажных конденсаторов приведены в табл. П1.

КОНДЕНСАТОРЫ ПЛЕНОЧНЫЕ

Конденсаторы с диэлектриком из синтетических пленок разделены на следующие основные группы: из неполярных пленок (полистирол, фторопласт); из полярных пленок (полиэтилентерефталат, т. е. лавсан); комбинированные (пленка и бумага); лакопленочные.

По конструкции и технологии изготовления пленочные конденсаторы мало отличаются от бумажных и металлобумажных. Однако пленочные конденсаторы с металлизированными обкладками по-сравнению с металлобумажными могут выдержать меньшее число пробоев, при которых сохраняется эффект самовосстановления.

Наиболее важное свойство полистирольных конденсаторов — очень малые потери, высокое сопротивление изоляции, повышенная способность запасать электрический заряд и полностью его отдавать при разряде. Конденсаторы с такими свойствами применяют в цепях точной выдержки времени для интегрирующих цепей, в цепях с большой постоянной времени (измерительная техника) и для настроенных контуров с высокой добротностью. Области применения фторопластовых и полистирольных конденсаторов мало отличаются; фторопластовые конденсаторы следует применять при повышенных температурах и более жестких требованиях к электрическим параметрам.

Для уменьшения габаритных размеров пленочных конденсаторов применен лавсан. Эти конденсаторы имеют примерно такие же потери, как и бумажные, но бо́льшее значение сопротивления изоляции, используются для тех же целей, что и бумажные, при повышенных требованиях к сопротивлению изоляции.

Комбинированные конденсаторы обладают повышенным сопротивлением изоляции, меньшими потерями и большей надежностью, чем бумажные. Область их применения такая же, как у бумажных.

Лакопленочные конденсаторы с очень тонкими металлизированными полярными пленками обладают наибольшей удельной емкостью среди конденсаторов с органическим диэлектриком, по этому параметру они приближаются к электролитическим, но по сравнению с ними имеют значительно лучшие характеристики и допускают эксплуатацию при знакопеременном напряжении.

Пленочные конденсаторы ПМ — Полистирольные Малогабаритные, предназначены для применения в аппаратуре, собранной на транзисторах. Они выпускаются двух видов: ПМ-1 — открытые и ПМ-2 — в герметизированном корпусе (рис. 7).

Конденсатор ПМ-1 состоит из двух полосок алюминиевой фольги, которые служат обкладками, разделенные слоем полистирольной пленки. Обкладки вместе с диэлектриком свернуты в рулон. Выво-

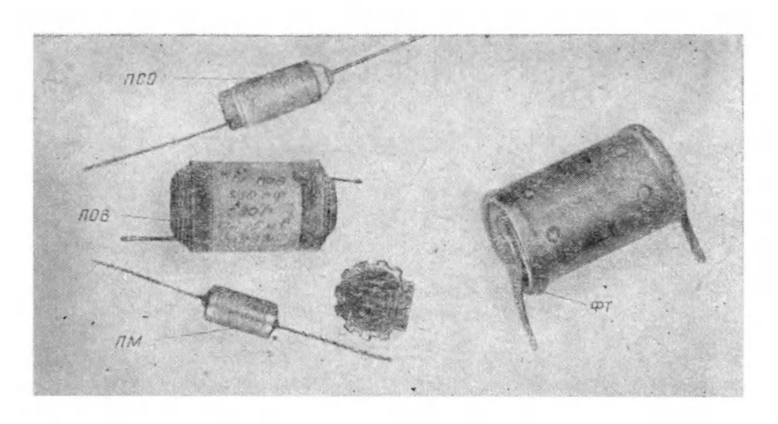


Рис. 7. Конденсаторы пленочные.

ды от обкладок сделаны из тонких проволочек, заложенных между обкладками и диэлектриком. Концы проволочек, контактирующие с обкладками, сплющены. Этим достигается лучший контакт выводов с обкладками и устраняется возможность повреждения диэлектрика выводами.

Конденсаторы ПМ-1 могут работать продолжительное время при влажности, не превышающей 80%. Диаметр их не более 4, а длина не более 11 *мм*.

Конденсаторы ПМ-2 изготавливают аналогичным способом, но их заключают в алюминиевый корпус. Его внешний вид такой же, как у конденсаторов БМ, МБМ. Благодаря герметичности конденсаторы ПМ-2 могут работать длительное время в атмосфере с относительной влажностью до 98%. Диаметр корпуса не более 5, а длина не более 12,5 *мм*. Сопротивление изоляции у них не менее 50 000 *Мом*.

ПО — Пленочные Открытые. Эти конденсаторы по своей конструкции аналогичны конденсаторам ПМ-1. Диаметр корпуса их в зависимости от емкости равен 12—24 *мм* при длине 31—49 *мм*.

ПОВ — Пленочные Открытые Высоковольтные. Эти конденсаторы находят применение в высоковольтных цепях питания кинескопов.

ПСО — Пленочные Стирофлексные Открытые.

Типы фторопластовых конденсаторов — ФТ, ФГТ и т. п.; К72П-2; К72П-6.

Типы металлопленочных конденсаторов: МПО — Металлопленочный Однослойный; МПГО — герметизированный, диэлектрик — полистирол; корпус металлический прямоугольной формы; МПГ-П — Металлопленочный Герметизированный однослойный, диэлектрик — полистирол; корпус металлический прямоугольной формы; К73П-2 — металлопленочный, корпуса цилиндрические и прямоугольные.

Типы лакопленочных — конденсаторы К76П-1, К76-2, изготовляют герметическими и уплотненными.

Основные данные пленочных конденсаторов приведены в табл. П1.

КОНДЕНСАТОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ

КОНДЕНСАТОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ

Наиболее широкое применение получили сухие электролитические конденсаторы. Они подразделяются на неморозоустойчивые (Н), морозоустойчивые (М), повышенной морозоустойчивости (ПМ) и особо морозоустойчивые (ОМ). Конденсаторы групп ПМ и ОМ обладают бо́льшими габаритами, чем конденсаторы групп Н и М, при тех же номинальных емкостях и напряжениях. Критерием «морозоустойчивости» электролитических конденсаторов служит снижение их емкости не более чем в 2 раза. У конденсаторов группы Н такое снижение емкости бывает при температуре —10° С, группы М — при —40° С, группы ПМ — при —50° С и группы ОМ — при —60° С. Отметим, что при повышенной температуре содержащиеся в составе электролита конденсато́ров групп ПМ и ОМ летучие вещества довольно быстро испаряются, а это ведет к снижению их емкости. Вследствие этого срок службы конденсаторов групп ПМ и ОМ в приемниках, работающих в комнатных условиях, меньше, чем у конденсаторов групп Н и М. Поэтому в радиолюбительской практике находят применение конденсаторы групп Н и М.

При применении электролитических конденсаторов необходимо помнить, что наибольшая амплитуда переменной составляющей частоты 50 *гц* не должна превышать 5—25% по отношению к их номинальному напряжению. При этом значение переменной составляющей не должно превышать величины постоянной составляющей напряжения, а их сумма — величины номинального напряжения.

При более высоких частотах амплитуда переменной составляющей должна уменьшаться обратно пропорционально частоте. Так, при частоте 100 *гц* допустимая амплитуда вдвое меньше, чем при частоте 50 *гц*.

До последнего времени основным типом сухого алюминиевого конденсатора был тип КЭ.

Конденсаторы КЭ выпускают нескольких видов: КЭ-1, КЭ-2, КЭ-3. Все они выполнены в алюминиевых штампованных цилиндрических корпусах, с которыми электрически соединены катоды. Выводы анодов у конденсаторов КЭ-1 представляют собой контактные лепестки, расположенные на текстолитовой или гетинаксовой крышке корпуса (рис. 8).

К донышку стакана конденсатора КЭ-1б приварен алюминиевый фланец с отверстиями, служащими для его крепления в аппаратуре винтами с гайками.

Конденсатор КЭ-1а приспособлений для крепления не имеет. Его крепят при помощи хомута, охватывающего его корпус.

Конденсатор КЭ-2 вместо текстолитового диска имеет пластмассовую втулку с резьбой. Для его крепления в шасси радиоаппаратуры прорезают отверстие по внешнему диаметру резьбы на втулке; втулку вставляют в это отверстие и на резьбу навинчивают гайку. Конденсаторы КЭ-2 изготавливают как одно-, так и двухсекционными (два конденсатора одинаковой или различной емкости в общем корпусе).

Конденсатор КЭ-3 имеет два вывода.

Конденсатор КЭГ заключен в корпусе из листовой стали. Его **анод (+)** выведен к контактному лепестку, расположенному на

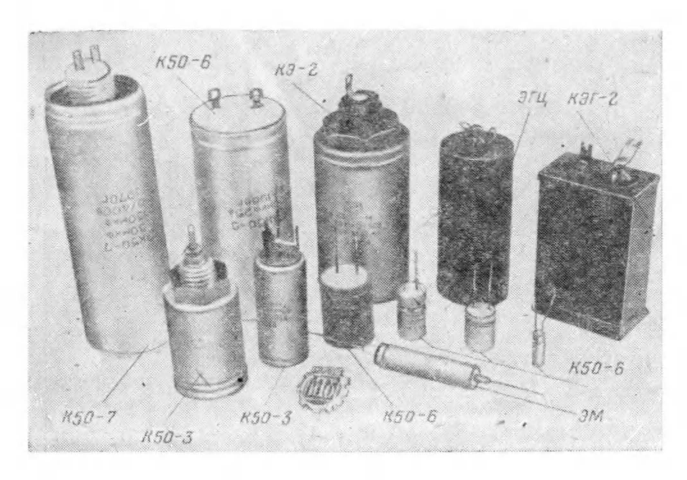


Рис. 8. Конденсаторы электролитические алюминиевые.

стеклянном изоляторе, а катод (—) соединен с корпусом и выведен на лепесток. Корпус прямоугольной формы, герметизированный.

У конденсатора КЭГ-1 изолятор и лепесток могут быть расположены на верхней крышке корпуса (вариант В), на его боковой стенке (вариант Б) или на дне корпуса (вариант Н).

У конденсатора КЭГ-2 изолятор и лепестки всегда расположены на верхней крышке.

Конденсатор ЭГЦ по конструкции подобен конденсатору КЭ-1а, но крышка его корпуса сделана из алюминия. В центре крышки расположен стеклянный изолятор с контактным лепестком, к которому присоединен вывод анода. На корпусе конденсатора имеется второй контактный лепесток — вывод катода.

Выводы конденсаторов КЭ-1, КЭ-2, КЭГ-1, КЭГ-2 и ЭГЦ допускают припайку к ним проводов диаметром до 1 *мм.*

Конденсаторы ЭМ имеют корпус цилиндрической формы диаметром от 4,3 до 8,5 *мм* и длиной от 15 до 35 *мм.* Их масса от 2 до 4,5 *г.* Анодная алюминиевая фольга приварена к алюминиевому стержню, расположенному по оси корпуса. Конец стержня выведен из корпуса через резиновую втулку. Его продолжением служит медный луженый вывод, служащий для включения анода конденсатора в схему. Катод конденсатора соединен с корпусом. Второй проволочный вывод служит для включения корпуса конденсатора в схему.

Конденсаторы ЭМИ по своей конструкции подобны конденсаторам ЭМ. Однако их особенность заключается в малых размерах. Так, конденсаторы емкостью 0,5; 1,25 и 10 *мкф* имеют длину 10 *мм* при диаметре 3 *мм.*

Из числа новых типов сухих электролитических конденсаторов можно отметить конденсаторы К50-3 с значительно улучшенными удельными характеристиками, чем у старых конденсаторов КЭ. Разновидность К50-3 — конденсаторы К50-3а и К50-3б (повышенной надежности). Еще лучшие удельные характеристики достигнуты в новых типах К50-6 и К50-7.

Конденсаторы К50-6, разработанные для широковещательной аппаратуры, в частности для транзисторных приемников и телевизоров, выгодно отличаются от других аналогичных конденсаторов. Так, например, конденсатор К50-6 на такое же рабочее напряжение и номинальную емкость имеет меньшие размеры, чем конденсаторы ЭМ. Конденсаторы К50-6 выполнены в трех конструктивных вариантах. Конденсаторы первого и второго вариантов с проволочными выводами предназначены для установки на печатных платах; третий вариант (самый большой) имеет лепестковые выводы и при монтаже конденсатор крепят за корпус при помощи хомута. Конденсаторы этого типа выпускают полярными и неполярными.

Конденсаторы К50-7 — малогабаритные, одиночного и блочного вида (несколько конденсаторов в одном корпусе). Резьбовая головка крышки позволяет крепить их на шасси аппаратуры гайкой; для предотвращения взрыва конденсатора в дне корпуса его имеется клапан. Предназначены они в основном для работы в сглаживающих фильтрах выпрямителей. Примером многосекционного блока может служить конденсатор К50-14, применяемый в цветных телевизорах для уплотнения монтажа.

Относительно новое применение сухих электролитических конденсаторов — их использование в качестве накопителей энергии в различных импульсных устройствах. Примером этого типа может служить конденсатор ЭФ, предназначенный для работы в цепях питания импульсных ламп фотоосветителей. Конструкция их аналогична конструкции конденсаторов КЭ-1; изготовляют их с изолированными выводами («+»; «—»). Дальнейшее усовершенствование конструкции привело к созданию нового типа накопительного конденсатора — К50И-8.

Совершенно новый тип алюминиевого электролитического конденсатора — оксиднополупроводниковый алюминиевый конденсатор, в котором функцию электролита выполняет полупроводник. Использование твердого электролита позволило получить конденсаторы, обладающие высокой стабильностью электрических характеристик при изменении окружающей температуры и частоты питающего напряжения. Примером такого конденсатора может служить тип К53-8.

КОНДЕНСАТОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ ТАНТАЛОВЫЕ И НИОБИЕВЫЕ

В последнее время широкое применение в производстве электролитических конденсаторов нашел тантал. Оксидная пленка на нем отличается высокой химической стабильностью и высокими диэлектрическими свойствами, что позволило создать электролитические конденсаторы более надежные и пригодные для работы в широком интервале рабочих температур. Танталовые конденсаторы изготовляют сухого и жидкостного вида. Примером жидкостного танталового конденсатора с объемнопористым анодом является ЭТО (рис. 9).

Конденсаторы ЭТО резко отличаются по своему устройству от всех описанных выше электролитических конденсаторов. В этих конденсаторах применяют аноды в виде таблеток, спрессованных из танталового порошка и спеченных в нейтральной среде при высокой температуре. Полученный таким способом пористый анод

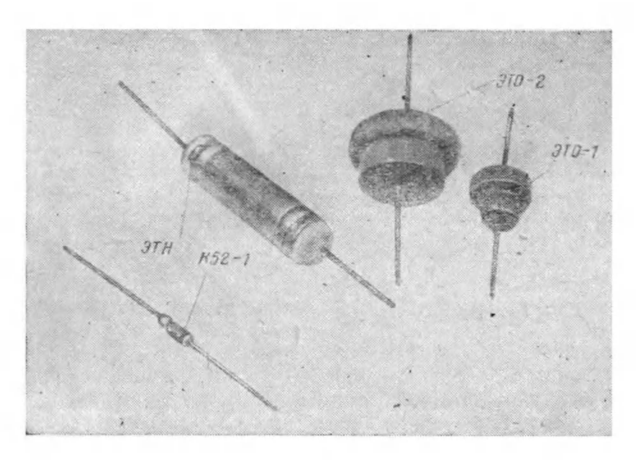


Рис. 9. Конденсаторы электролитические танталовые.

имеет эффективную поверхность в 50—100 раз большую, чем геометрическая, что позволяет достигнуть особо больших емкостей в единице объема конденсатора. Корпус его заполняют жидким кислотным электролитом, который и служит его катодом, а выводом катода служит корпус.

По своим электрическим свойствам конденсаторы этого типа лучше обычных малогабаритных электролитических конденсаторов. Кроме весьма малых размеров, они имеют ничтожный ток утечки, который даже у конденсаторов на большие номинальные напряжения не превышает 5 *мка,* а при меньшем напряжении составляет 1—2 *мка* и меньше.

Конденсаторы ЭТО имеют разновидности ЭТО-1, ЭТО-2, ЭТО-3 и ЭТО-4. Разработаны новые конденсаторы К52-2 и К52-3 (жидкостные с объемнопористыми анодами из сплава тантала с ниобием).

Представителями сухих танталовых конденсаторов являются: ЭТ — электролитический танталовый и ЭТН — электролитический танталовый неполярный; танталовый оксидно-полупроводниковый (твердый) — конденсатор К53-1а; ниобиевый оксидно-полупроводниковый — конденсатор К53-4.

В табл. П1 приведены основные данные электролитических конденсаторов.

КОНДЕНСАТОРЫ С МЕХАНИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОЙ ЕМКОСТЬЮ

КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

Конденсаторы с механически управляемой емкостью классифицируют по особенностям конструкции, виду диэлектрика, основному применению и характеру изменения емкости при изменении угла поворота ротора.

Плоские многопластинчатые конденсаторы с вращательным движением одной системы пластин по отношению к другой применяют как основной тип конденсатора переменной емкости.

Плоские двухпластинчатые с вращательным движением одной обкладки по отношению к другой применяют как подстроечные.

Конденсаторы переменной емкости могут быть с газообразным диэлектриком (воздушные); с твердым неорганическим диэлектриком (керамические, воздушно-слюдяные); с твердым органическим диэлектриком (пластмассовые, воздушно-пленочные).

По характеру изменения емкости от угла поворота подвижных пластин различают следующие виды конденсаторов: прямоемкостный с линейной зависимостью между углом поворота и емкостью; прямоволновый — с линейной зависимостью между углом поворота ротора и резонансной длиной волны, его емкость пропорциональна квадрату угла поворота ротора; прямочастотный — с линейной зависимостью между углом поворота ротора и резонансной частотой; логарифмический (среднелинейный) — с постоянным по всей шкале изменением емкости, приходящимся на один градус угла поворота ротора. На рис. 10 показаны характеристики изменения емкости для различных видов конденсаторов от угла поворота его ротора.

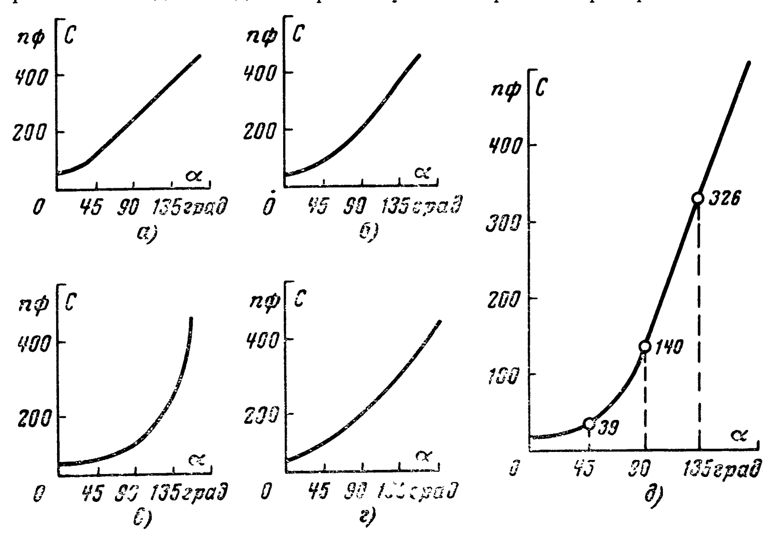


Рис. 10. Характеристики изменения емкости конденсатора от угла поворота ротора.

а — прямоемкостного; *б* — прямоволнового; *в* — прямочастотного; *г* — среднелинейного; *д* — для радиовещательных приемников.

П р я м о е м к о с т н ы е конденсаторы применяют главным образом в качестве подстроечных, а также для настройки при малом коэффициенте покрытия диапазона.

П р я м о в о л н о в ы е — в аппаратуре, градуируемой по длине волны, так как в этом случае длины волн равномерно распределяются по всей шкале.

П р я м о ч а с т о т н ы е — в аппаратуре, градуированной по частоте, например в приемниках и измерительных приборах.

Логарифмические (среднелинейные) — в передатчиках, приемниках и измерительных приборах.

В общем виде конденсаторы переменной емкости представляют собой две системы параллельных пластин, из которых одна система (ротор) может перемещаться так, что ее пластины заходят в зазоры между пластинами второй системы (статор). При вращении роторных пластин происходит изменение емкости конденсатора. Когда роторные пластины полностью введены в статорные, емкость конденсатора максимальна; при полностью выведенных роторных пластинах конденсатор имеет минимальную начальную емкость. Наиболее распространены конденсаторы переменной емкости с углом поворота 180°.

Конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком обладают наиболее высокими электрическими свойствами (малыми потерями, малым ТКЕ, повышенной стабильностью емкости), но имеют относительно большие размеры, что ограничивает верхний предел емкости примерно 500—600 *пф;* только для измерительной техники применяют конденсаторы больших размеров емкостью 1 000—5 000 *пф* (рис. 11).

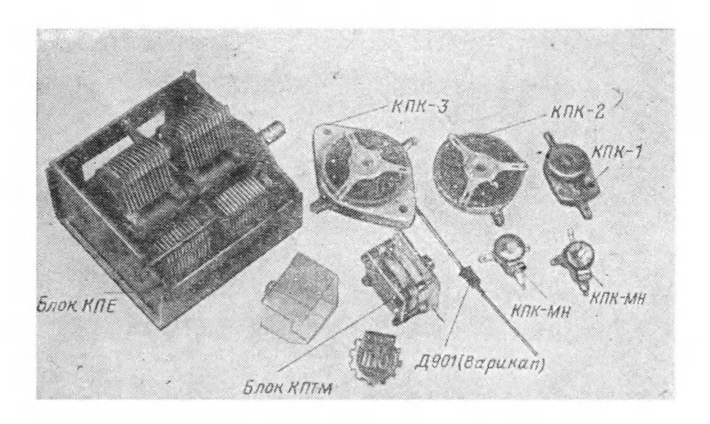


Рис. 11. Конденсаторы с механически и электрически управляемой емкостью.

Эти конденсаторы, широко применяют в современной радиоэлектронной технике: для настройки преселекторов, усилительных каскадов высокой частоты и гетеродинов приемников; задающих генераторов и выходных каскадов маломощных передатчиков; различной измерительной аппаратуры и т. п.

Размеры конденсаторов зависят от их максимальной емкости ($C_{макс}$) и зазора между пластинами, минимальный размер которого может быть 0,1—0,15 *мм*; в конденсаторах длинноволнового и средневолнового диапазона зазор равен 0,25—0,5 *мм* при значениях $C_{макс}$ до 500—600 *пф* и 0,8—1 *мм* для конденсаторов коротковолнового диапазона. Толщина пластин в обычных воздушных конденсаторах составляет 0,5—1 *мм*, материал — алюминий или латунь.

Минимальная емкость конденсатора $C_{мин}$ зависит от его кон-

структивных особенностей: для обычных конденсаторов с плоскими пластинами $C_{мин}$ примерно равна 5—15 *пф*. Значение $C_{макс}$ зависит от перекрываемого диапазона частот, от $C_{мин}$ и от собственной емкости контура. Обычно в приемниках с длинноволновым и средневолновым диапазонами (менее 3 *Мгц*) применяют $C_{макс} = 350 \div 600$ *пф*, в коротковолновых приемниках и передатчиках (3—30 *Мгц*) $C_{макс} = 120 \div 250$ *пф*, а в аппаратуре УКВ (частота выше 30 *Мгц*) $C_{макс} = 20 \div 50$ *пф*.

Конденсаторы переменной емкости керамические. Дальнейшее развитие радиоэлектронной аппаратуры в сторону миниатюризации привело к созданию новых типов конденсаторов переменной емкости — керамических. Керамические конденсаторы изготовляют как одно-, так и двухсекционными.

Блоки КПЕ. В радиоаппаратуре часто приходится настраивать одновременно несколько колебательных контуров, например: в супергетеродинном приемнике входной колебательный контур, контур в анодной цепи лампы УВЧ и контур гетеродина. Поэтому кроме одиночных конденсаторов переменной емкости выпускают блоки, состоящие из двух, трех или четырех конденсаторов, объединенных в общей конструкции. Все роторы собраны на одной оси. Поворот этой оси одновременно изменяет емкость всех конденсаторов блока.

Имеются также блоки конденсаторов, состоящие из секций, емкость которых различна.

В транзисторных приемниках применяются блоки КПЕ как с воздушным, так и с твердым диэлектриком в виде пленки. Блоки КПЕ с воздушным диэлектриком отличаются большой точностью установки емкости, меньшими диэлектрическими потерями и более высокой стабильностью, но имеют большие размеры, чем конденсаторы с твердым диэлектриком. Поэтому первые, как правило, применяют в приемниках настольного типа и в некоторых моделях переносных приемников, вторые — в малогабаритных приемниках.

В практике радиолюбителя иногда возникает необходимость замены блока КПЕ одного типа блоком другого типа. В этом случае прежде всего нужно выяснить, позволяет ли имеющееся на плате или в корпусе приемника место разместить конденсатор другого типа. Не менее важно подобрать конденсатор и по диапазону изменения его емкости (минимальная, максимальная), так как при значительной разнице этих емкостей потребуется переделать катушки входных и гетеродинных контуров приемника или принять другие меры с тем, чтобы рабочий диапазон частот приемника при замене блоков оставался неизменным. Кроме того, необходимо учесть, что большинство блоков КПЕ с твердым диэлектриком выпускают с вмонтированными в них четырьмя подстроечными конденсаторами, но некоторые блоки (КПТМ, КПТМ-1, КПЕ) таких конденсаторов не имеют. Поэтому если, например, заменить блок КПТМ-4 на блок КПТМ-1 (последний не имеет подстроечных конденсаторов), то придется устанавливать в приемнике дополнительно четыре подстроечных конденсатора, хотя емкости секций этих блоков почти одинаковы.

Необходимо также обратить внимание при замене блоков КПЕ на то, что некоторые блоки уже снабжены верньерным устройством, а в блоках, которые такого устройства не имеют, замедление на ось КПЕ передается через соответствующие шкивы, насаженные на ручку настройки приемника и на ось КПЕ.

Так как основные типы блоков КПЕ с твердым диэлектриком (КПЕ-3, КПЕ-5, КПТМ, КПТМ-1, КПТМ-4) имеют незначительную разницу по емкости, то они могут быть взаимозаменяемы, если подходят по остальным параметрам. Если при такой замене рабочий диапазон частот приемника окажется несколько сдвинутым в ту или другую сторону или нарушится сопряжение настроек входных и гетеродинных контуров, то их можно подогнать подстроечными сердечниками катушек с подбором емкости подстроечных конденсаторов.

О взаимозаменяемости блоков КПЕ с воздушным диэлектриком можно сказать то же самое, за исключением блока КПЕ приемников модели «Спидола», емкость которого значительно отличается от других. Поэтому при замене блока в этих приемниках, например, стандартным блоком КПЕ (12—495 *пф*) необходимо последовательно со статорными пластинами в каждой секции КПЕ подключить конденсаторы постоянной емкости по 1 390 *пф*.

В табл. 8 приведены основные данные блоков КПЕ.

Таблица 8

Блоки КПЕ

Тип блока	Емкость секции блока, *пф*		Емкость подстроечных конденсаторов, *пф*	В каком приемнике установлен блок
	минимальная	максимальная		
КПЕ	12	495	—	„Родина-60М1", „Родина-65", „Эфир", „Эфир М", „Эфир-67"
КПЕ	10	305	—	„Спидола" ВЭФ, „Спидола-10", ВЭФ-12
КПЕ с верньером	9	260	—	„Атмосфера", „Атмосфера-2" „Атмосфера-2М"
КПЕ	9	270	—	„Альпинист"
КПЕ	5	240	—	„Гиала"
КПВМ	8,5	260	—	„Банга", „Соната", „Меридиан"
КПЕ-3 с верньером	7	180	3—7	„Нева", „Мир", „Ласточка" „Ласточка-2", „Сатурн"
КПЕ-3 с верньером	7	210	3—7	„Нева"

Тип блока	Емкость секции блока, *пф*		Емкость подстроечных конденсаторов, *пф*	В каком приемнике установлен блок
	минимальная	максимальная		
КПЕ-3	7	240	2,5—7	„Алмаз"
КПЕ-3 с верньером	6	250	2,5—7	„Киев-7", „Планета"
КПЕ-5 с верньером	5	240	2—12	„Топаз-2", „Сокол"
КПЕ-5	5	240	2,5—12	„Сокол", „Спорт", „Мрия" „Космонавт" „Сувенир"
КПТМ	4	220	—	„Гауя", „Селга"
КПТМ-1	6	260	—	„Рига-301" („Вега")
КПТМ-4	5	260	2—8	„Юпитер", „Сигнал" „Этюд", „Нейва", „Орбита"
КПЕ	3	150	—	„Космос", „Рубин", „Орленок"
КПЕ	2	120	—	„Сюрприз"

КОНДЕНСАТОРЫ ПОДСТРОЕЧНЫЕ

Подстроечные конденсаторы — это конденсаторы, у которых емкость может быть изменена в процессе настройки радиоустройства на заводе, а затем фиксируются и конденсаторы в дальнейшем работают уже как конденсаторы постоянной емкости.

Конденсаторы подстроечные с воздушным диэлектриком изготовляют плоские и цилиндрические. Конденсаторы плоские находят более широкое распространение, чем цилиндрические.

Конденсаторы этого типа представляют собой миниатюрные конденсаторы переменной емкости плоского многопластинчатого типа (микроконденсаторы) со стопорным устройством и радиусом ротора 10 *мм*, зазор между пластинами — до 0,25 *мм*. Изготовляют их в трех вариантах: прямоемкостный обычный конденсатор с углом поворота 180°; конденсатор типа «бабочка» с углом поворота 90° для подстройки высокочастотных контуров в диапазоне УКВ

и дециметровых волн; дифференциальный конденсатор[1]. Обычные значения $C_{макс}$: 4—5 *пф* для ДЦВ; 8—12 *пф* для УКВ и 25—30 *пф* для контуров средних и длинных волн. К конденсаторам этого типа относится конденсатор МПК (старого образца), где $C_{мин} = 3 \div 5$ *пф*, $C_{макс} = 6 \div 62$ *пф*; в новом типе КПВМ для обычных конденсаторов $C_{мин} = 1,5 \div 3$ *пф*, $C_{макс} = 7 - 26$ *пф*; для конденсаторов типа «бабочка» $C_{мин} = 0,5 \div 1,3$ *пф*, $C_{макс} = 1,5 \div 6,5$ *пф*; для дифференциального $C_{мин} = 2 - 3$ *пф*, $C_{макс} = 7 \div 26$ *пф*.

Воздушные подстроечные конденсаторы обладают высокими электрическими свойствами, и их подключение к контуру для выравнивания начальной емкости не вызывает заметного ухудшения добротности и стабильности контура. Однако они относительно дороги и имеют увеличенный удельный объем, что часто заставляет заменять их подстроечными конденсаторами с твердым диэлектриком, особенно когда нужна увеличенная емкость.

Конденсаторы подстроечные с твердым диэлектриком широко применяются в колебательных контурах, частота которых должна быть тождественной с частотой других контуров схемы, а величины составляющих контур элементов (индуктивности и емкости) не могут быть равными из-за неизбежных неточностей изготовления Включение подстроечного конденсатора параллельно основным конденсаторам контура дает возможности достаточно точно настроить в резонанс несколько контуров.

Иногда конденсаторы подстроечного типа используют в качестве конденсаторов переменной емкости в тех случаях, когда величина $C_{макс}$ меньше 50 *пф* и к характеру изменения емкости в зависимости от угла поворота не предъявляется особых требований.

Подстроечные конденсаторы имеют разнообразные конструктивные формы и изготовляются как плоского, так и цилиндрического (трубчатого) типа. Наиболее распространенная конструкция КПК состоит из двух керамических частей: неподвижного статора и подвижного диска — ротора, последний прикреплен к статору при помощи оси.

На ротор и статор методом вжигания нанесены серебряные обкладки, имеющие форму секторов. Диэлектриком между обкладками служит керамический материал ротора. Выводы от обкладок выполнены в виде контактных лепестков, предназначенных для припайки к ним внешних монтажных проводов.

Вращая отверткой ротор, можно изменять взаимное положение секторных обкладок, а следовательно, и емкость конденсаторов.

Емкость конденсатора будет максимальной в том случае, когда при настройке серебряный сектор или капля припоя на роторе будут расположены против контактного вывода на статоре, и минимальной, если ротор повернут на 180° относительно указанного положения максимума.

У подстроечных конденсаторов КПК после непродолжительной эксплуатации серебряные покрытия пластины статора стираются и пределы регулировки изменяются. Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при их использовании в качестве конденсаторов настройки приемников на транзисторах.

---

[1] Дифференциальный конденсатор — это сдвоенный прямоемкостный конденсатор, имеющий два статора и один общий ротор; применяется в измерительных схемах, для связи с антенной и т. п.

Таблица 9

Основные данные керамических подстроечных конденсаторов

Тип конденсатора	Номинальная емкость, *пф*	Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	ТКЕ	Масса, *г*
КПК-1	2—7; 2,5—8; 4—15; 6—25; 8—30	500	$-(200\div750)\cdot10^{-6}$	8
КПК-2	6—60; 8—60; 10—100; 25—150; 75—200; 125—250; 200—325; 275—375; 350—450	500	$-(200\div750)\cdot10^{-6}$	18
КПК-3	8—60; 10—100 25—150; 75—200; 125—250; 200—325; 275—375; 350—450	500	$-(200\div750)\cdot10^{-6}$	40
КПК-5	25—150; 25—175	500	$-(200\div750)\cdot10^{-6}$	45
КПКТ	1—10; 2—15; 2—20; 2—25	500	$\pm400\cdot10^{-6}$	30
КПК-М	4—15; 5—20; 6—25;	350	$-(200\div800)\cdot10^{-6}$	5
КПК-МН	8—30			3
КПК-МП				
КВК-2	0,5—2,5	500	—	8
КВК-3	0,5—5,0	500	—	17

По техническим условиям на конденсаторы КПК допускается фактическое значение минимальной емкости неограниченно меньше, а фактическое значение максимальной емкости неограниченно больше обозначенных на них номинальных значений.

Емкость конденсаторов КПК недостаточно стабильна во времени, главным образом из-за изменений воздушного зазора между статором и ротором. Этот зазор делает их также невлагостойкими.

При монтаже ротор подстроечных конденсаторов нужно соединять с шасси или с точкой схемы, имеющей меньший потенциал.

Подстроечные конденсаторы типов КПК-1, КПК-2, КПК-3, КПК-5. Конденсаторы КПК-1 имеют роторы диаметром около 18 *мм*, а остальные — около 33 *мм*; у КПК-5 есть регулировочный винт, непосредственно соединенный с роторной обкладкой конденсатора; для крепежа КПК имеют отверстия (одно или два) для винтов или других крепежных деталей.

Конденсаторы керамические подстроечные малогабаритные (КПК-М) предназначены для работы в аппаратуре при эффективном значении напряжения высокой частоты до 250 *в* или постоянном напряжении до 350 *в*. Конденсаторы КПК-МН предназначены для навесного монтажа, а КПК-МП — для печатного.

К подстроечным конденсаторам цилиндрического типа относятся КПК-Т и КВК. У конденсатора КПК-Т изменение емкости достигается перемещением плунжера в керамической трубке. Конденса-

тор КВК (воздушно-керамический) трубчатый, состоит из посеребренной внутри керамической трубки (статора) и передвигающегося внутри нее металлического винта (ротора). Выпускается двух видов — КВК-2 и КВК-3.

Основные данные подстроечных конденсаторов приведены в табл. 9, а внешний вид описанных конденсаторов переменной емкости — на рис. 11.

КОНДЕНСАТОРЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОЙ ЕМКОСТЬЮ

КОНДЕНСАТОРЫ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ (ВАРИКОНДЫ)

Нелинейные конденсаторы (вариконды) — это конденсаторы с диэлектриком из специального керамического материала. Для изменения емкости таких конденсаторов используют зависимость диэлектрической проницаемости (ε) от напряженности электрического поля (рис. 12). В данном случае в зависимости от диапазона переменного напряжения можно получать как увеличение, так и уменьшение емкости конденсатора с увеличением напряжения (рис. 13,*а*). Емкость таких конденсаторов под воздействием приложенного к ним переменного напряжения может изменяться в 4—6 раз. Номинальное значение емкости вариконда определяется при напряжении 5 *в* и частоте 50 *гц*.

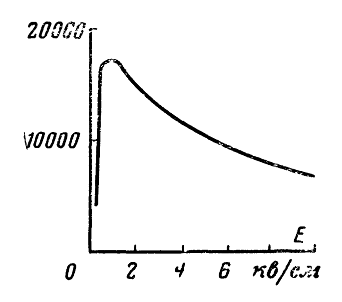


Рис. 12. Зависимость диэлектрической проницаемости (ε) от напряженности электрического поля (*E*) варикондов ВК1.

Добавочные возможности управления емкостью получаются при наложении постоянной составляющей напряжения на переменное напряжение, воздействующее на конденсатор (рис. 13, *б*). Благодаря большой величине ε сегнетоэлектрические конденсаторы имеют большие значения емкости при малых размерах и высокий верхний предел $C_{макс}$.

Однако варикoнды имеют значительные недостатки, которые обычно не позволяют заменять ими воздушные конденсаторы: сильная зависимость ε от температуры; недостаточная стабильность ее, а следовательно, нестабильность емкости, которая недопустима в большинстве контуров. Большие потери в сегнетокерамических материалах дают резкое снижение добротности контура с варикондом.

Первые представители нелинейных конденсаторов — варикoнды ВК1. Конструктивно варикоңды оформлены в виде дисков с двумя широкими плоскими выводами и по внешнему виду напоминают дисковые керамические конденсаторы. Для защиты их от влаги и загрязнения наружную поверхность элементов покрывают красным лаком. Для обозначения материала вариконда ВК1 у одного из выводов наносят маркировку в виде голубой точки. Имеются варикoнды следующих видов: ВК1-1, ВК1-2, ВК1-3, ВК1-4 и ВК1-М.

Малогабаритные вариконды ВК1-М для повышения прочности и удобства монтажа помещают в специальный пластмассовый держатель с запрессованными в нем выводами.

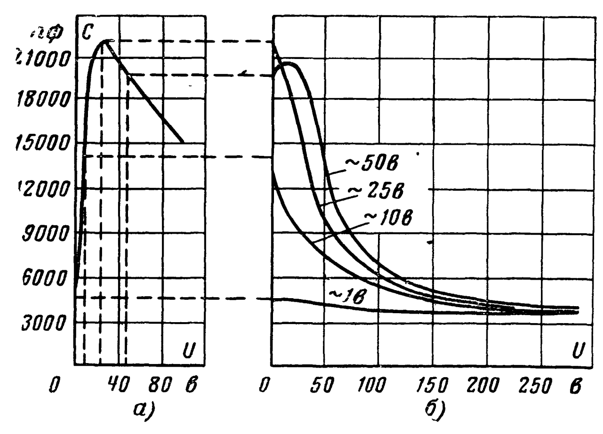


Рис. 13. Зависимость изменения емкости варикондов ВК1 от управляемых напряжений.

Несмотря на ряд указанных недостатков, вариконды уже находят себе применение для различных целей: разработаны диэлектрические усилители сигналов звуковой частоты, усилители мощности с выходной мощностью до 10—20 *вт;* предложены схемы для дистанционной настройки контуров и для частотной модуляции; применяются они также в умножителях частоты, стабилизаторах напряжения, генераторах импульсов и др.

Основные данные варикондов помещены в табл. 10.

Таблица 10

Основные данные сегнетоэлектрических конденсаторов (вариконды)

Тип вариконда	Начальное значение емкости $C_{нач.}$ при $U_{\sim}=5$ *в*	Максимальное значение емкости $C_{макс}$ при $U_{\sim}=U_{макс}$	$U_{макс}$, *в*, при $f=50$ *гц*	Значение емкости в интервале температур от +60 до −60° С при $U=50$ *в*	Диаметр диска *мм*
ВК1-М	200 *пф*	650 *пф*	50	—	2
ВК1-1	510 *пф*	2700 *пф*	60	1000 *пф*	4
ВК1-2	5100 *пф*	0,017 *мкф*	80	0,016 *мкф*	9
ВК1-3	0,012 *мкф*	0,05 *мкф*	100	0,03 *мкф*	16
ВК1-4	0,02 *мкф*	0,095 *мкф*	120	0,09 *мкф*	25

КОНДЕНСАТОРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ (ВАРИКАПЫ)

Варикап — это специально сконструированный диод, емкость которого можно менять в широких пределах. Для изменения емко-

сти полупроводниковых конденсаторов используют зависимость толщины запорного слоя, применяемого в качестве диэлектрика, от напряжения. При увеличении напряжения, приложенного к запорному слою в запирающем направлении, толщина этого слоя увеличивается, т. е. при увеличении напряжения в этом случае получаем только снижение емкости (рис. 14).

Для изготовления полупроводниковых конденсаторов применяют кремний и германий. Так как диэлектрическая проницаемость ε у этих полупроводников невелика, то $C_{макс}$ у них меньше, чем у варикондов, и не превышает десятков пикофарад, реже достигает нескольких сотен. Хотя варикапы уступают варикондам по величине $C_{ном}$, они имеют улучшенную стабильность емкости, повышенную добротность, резко сниженные размеры и массу, повышенную надежность — все это позволяет ставить вопрос об их применении для замены воздушных конденсаторов переменной емкости в малогабаритной аппаратуре.

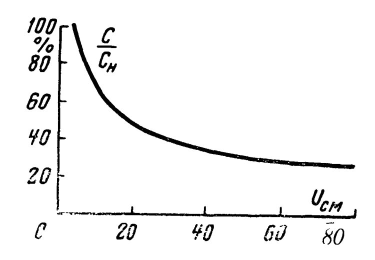


Рис. 14. Типовая характеристика изменения относительной величины емкости от напряжения смещения (Д901).

Основной параметр варикапа — номинальная емкость $C_{ном}$ при номинальном напряжении смещения, равном 4 *в*. Емкость характеризуется также добротностью $Q_д$, которая определяется как отношение реактивного сопротивления к полному сопротивлению потерь диода при $U_{см} = +4$ *в* на частоте 50 *Мгц*.

Коэффициент перекрытия по емкости K — отношение номинальной емкости варикапа к его наименьшей емкости. Наименьшая емкость варикапа $C_{мин}$ — емкость варикапа при наибольшем напряжении смещения. Стабильность работы варикапа характеризуется температурным коэффициентом емкости (ТКЕ) и температурным коэффициентом добротности (ТКД).

Основное прменение кремниевых варикапов — перестройка резонансной частоты контура в схемах АПЧ, ЧМ параметрических усилителях, в схемах модуляции частоты и т. п. В табл. 11 приведены типы варикапов и их основные электрические данные, а на рис. 11 — внешний вид.

Таблица 11

Основные данные полупроводниковых конденсаторов (варикапы)

Тип варикапа	$U_{макс.\ см}$, *в*	$C_{ном}$, *пф*	$K_с$	$Q_д$
Д901А	80	22—32	4	25
Д901Б	45	22—32	3	30
Д901В	80	28—38	4	25
Д901Г	45	28—38	3	30
Д901Д	80	34—44	4	25
Д901Е	45	34—44	3	30
Д902	25	6—12	—	30

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Основные характеристики конденсаторов постоянной емкости

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
		Конденсаторы слюдяные	
КСО-1	250	51—750 *пф*	Б; В; Г
КСО-2	500	100—2 400 *пф*	Б; В; Г
КСО-5	250	7 500—10 000 *пф*	Б; В; Г
КСО-5	500	470—6 800 *пф*	Б; В; Г
СГМ-1	250	100—560 *пф*	Б; Г
СГМ-2	250	620—1 200 *пф*	Б; Г
СГМ-3	500	100—4 300 *пф*	Б; Г
СГМ-4	250	6 800—10 000 *пф*	Б; Г
	500	4 700—6 200 *пф*	Б; Г
КСГ-1	500	470 *пф* — 0,018 *мкф*	Б; Г
КСГ-2	500	0,022 — 0,10 *мкф*	Б; Г
		Конденсаторы керамические	
КГК-1	500	5,1—15 *пф*	П120; П33
		5,1—39 *пф*	М47
		5,1—180 *пф*	М700
КГК-2	500	10—30 *пф*	П120
		10—39 *пф*	П33
		30—91 *пф*	М47
		100—360 *пф*	М700
КГК-3	500	24—51 *пф*	П120
		36—62 *пф*	П33
		82—150 *пф*	М47
		240—560 *пф*	М700
КГК-4	500	43—68 *пф*	С
		56—82 *пф*	Р
		130—200 *пф*	М
		430—750 *пф*	Д
КГК-5	500	62—100 *пф*	С
		75—120 *пф*	Р
		180—240 *пф*	М
		680—1 000 *пф*	Д
КЛГ-1	70; 160; 250	10 000; 15 000 *пф*	Н70
		22 000; 33 000 *пф*	
КЛГ-2	70; 160; 250	18—330 *пф*	М47
		20—330 *пф*	М75
		51—1 000 *пф*	М750
		390—2 000 *пф*	М1500
		2 200—10 000 *пф*	Н30
		4 700—22 000 *пф*	Н70
КЛГ-3	70; 160; 250	18—270 *пф*	М47
		20—270 *пф*	М75
		51—680 *пф*	М750
		160—1 000 *пф*	М1500
		1 000—4 700 *пф*	Н30

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
КЛС-1	35	4 700—10 000 *пф*	Н70; Н90
	50	1 500—10 000 *пф*	Н30
	70	30—10 000 *пф*	М47; М75; М750; М1500; Н50
КЛС-2	100	1 000—6 800 *пф*	Н30
	125	18—3 300 *пф*	М47; М75; М750; М1500; Н50
КЛС-3	160	680—3 300 *пф*	Н30
	200	8,2—820 *пф*	М47; М75; М750; М1500
КДС-1	250	1 000 *пф*	—
КДС-2	250	3 000 *пф*	—
КДС-3	250	6 800 *пф*	—
КД-1	100; 250	1—130 *пф*	П120; П33; М47; М75: М700; М1300
КД-1	160	680—2 200 *пф*	Н70
КД-2	400; 500	1—270 *пф*	П120; П33; М47; М75; М700; М1300
КД-2	300	680—6 800 *пф*	Н70
КТ-1	160; 250	1—560 *пф*	П120; П33; М47; М75; М700; М1300
КТ-1	160	680—10 000 *пф*	Н70
КТ-2	400; 500	2,2—2 200 *пф*	М120; П33; М47; М75; М700; М1300
КТ-2	300	680—3 300 *пф*	Н70
КТ-3	160—750	2,2—1 000 *пф*	П100; П33; М47; М70;
КТ-4	160—750	39—750 *пф*	М47; М70;
КТП-1	160	68; 470 *пф*	М1300; Н70
КТП-2	160	1 000—4 700 *пф*	Н70
	250	8,2—470 *пф*	П120; М47; М75; М700; М1300;
КТП-3	250	1 000—3 300 *пф*	Н70
	350	8,2—390 *пф*	П120; М47; М75; М700; М1300
КТП-4	400	3 300—10 000 *пф*	Н70
	500	8,2—470 *пф*	П120; М47; М75; М700; М1300
КТП-5	500	4 700—15 000 *пф*	Н70
	750	8,2—390 *пф*	Все, кроме Н70

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
КО-1	160	1 000—4 700 *пф*	Н70
	250	8,2—390 *пф*	Все, кроме Н70
КО-2	250	1 000; 1 500 *пф*	Н70
	350	6,8—220	Все, кроме Н70
КО-3	400	1 000—4 700 *пф*	Н70
	500	6,8—330 *пф*	Все, кроме Н70
КДО	400	1 500; 2 200 *пф*	Н70
	500	3,3—100 *пф*	Все кроме Н70
КОБ-1	12 000	500 *пф*	—
КОБ-2	20 000	500 *пф*	—
КОБ-3	30 000	2 500 *пф*	—
КВИ-2	8 000 и 10 000	22—100 *пф*	—
КВИ-3	12 000	1 000 *пф*	—
КВИ-4	5 000 и 15 000	22 *пф*	Н70
К15-4	12 000	470; 1 000 *пф*	Н70
	12 000	2 200; 4 700 *пф*	Н70
	20 000	470; 1 000; 2 200; 4 700 *пф*	Н70
	30 000	470; 1 000; 2 200 *пф*,	Н70
	40 000	220; 470; 1 000 *пф*	Н70
К15-5	1 600	220—6 800 *пф*	Н20
		470; 1 000; 2 200; 4 700 *пф*; 0,01 *мкф*	Н70
	3 000	150—4 700 *пф*	Н20
		330; 680; 1 500; 3 300; 6 800 *пф*; 0,015 *мкф*	Н70
К15-5	6 300	68—2 200 *пф*	Н20
		68—220 *пф*	Н50
		470; 1 000; 2 200; 4 700 *пф*	
К10-7А	250—500	6,8—6 800 *пф*,	Все группы
К10-7В	125—500	22—47 000 *пф*	То же
КВДС-1	1 500	1 000 *пф*	Н70
КВДС-2	1 500	2 200 *пф*	
КВДС-3	1 500	4 700 *пф*	
КВДС-4	1 500	10 000 *пф*	
КП-1	250	30—150 *пф*	
КП-2	250	160—360 *пф*	
КП-3	250	390—750 *пф*	
КП-4	250	820—1 500 *пф*	
КПС	250	510—8 200 *пф* — 0,015 *мкф*; 0,018—0,04 *мкф*	

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
Конденсаторы стеклоэмалевые			
КС-1	500	10—300 *пф*	Р; О; М; П
КС-2	500	180—750 *пф*	Р; О; М; П
КС-3	500	470—1 000 *пф*	Р; О; М; П
КС-4	300	9,1—200 *пф*	О; М
Конденсаторы бумажные			
БГТ	200	0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10 *мкф* 2×0,25; 2×0,5; 2×1; 2×2 *мкф*	—
	400	0,25; 0,5; 1; 2: 4; 6; 8 *мкф* 2×0,1; 2×0,5; 2×1; 2×2 *мкф*	—
	600	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8 *мкф* 2×0,1; 2×0,5; 2×1; 2×2 *мкф*	—
БГТ	1 000	0,1; 0,25; 0,5; 1; 2 *мкф* 2×0,05; 2×0,1; 2×0,25; 2×0,5; 2×1; 2×2 *мкф*	—
	1 500	0,1; 0,25; 0,5; 1; 2 *мкф* 2×0,05; 2×0,1; 2×0,25; 2×0,5; 2×1 *мкф*	
БМ	100	510—9 100 *пф*; 0,01—0,05 *мкф*	—
	150	0,03; 0,047 *мкф*	
	200	3 300—6 800 *пф*; 0,01—0,022 *мкф*	
	300	470—2 200 *пф*;	
БМТ	400	470—6 800 *пф*; 0,01—0,22 *мкф*	—
	600	1 000—6 800 *пф*; 0,01—0,022 *мкф*	
КБГ-И	200	1 000; 2 200—4 700 *пф*; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,07; 0,1 *мкф*	—
	400	1 500 *пф*; 0,015; 0,03; 0,04; 0,05 *мкф*	
	600	470—6 800 *пф*; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03 *мкф*	
КБГ-М	200	0,04—0,25 *мкф*	—
	400	0,07—0,25 *мкф*	
	600	0,01—0,15 *мкф*	

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
КБГ-МП	200	0,5—2,0 *мкф*; 2×0,25; 2×0,5 *мкф*; 3×0,1; 3×0,25 *мкф*	—
	600	0,25—1,0 *мкф* 2×0,1; 2×0,25; 2×0,5 3×0,05; 3×0,1; 3×0,25 *мкф*	—
КБГ-МН	200	1,0—10,0 *мкф* 2×1,0; 2×2,0 *мкф*	—
	400	1,0—8,0 *мкф* 2×0,55; 2×1,0; 2×2,0 *мкф*	
	600	0,5—6,0 *мкф* 2×0,5; 2×1,0; 2×2,0 *мкф*	
К4ОП-1	400	3 900—6 800 *пф*; 0,01; 0,022—0,25 *мкф*	—
	600	470—6 800 *пф*; 0,01—0,02 *мкф*	—
К4ОП-2	400	1 000—6 800 *пф*; 0,01—0,047 *мкф*	—
К4ОП-3	200	0,01—0,47 *мкф*	—
	400	4 700—6 800 *пф*; 0,01—0,33 *мкф*	—
	600	4 700—6 800 *пф*; 0,01—0,22 *мкф*	
		Конденсаторы металлобумажные	
МБГП	160	1—30 *мкф* 2×0,5 *мкф*	—
	200	0,5—25 *мкф* 2×0,25; 2×0,5 *мкф*	
	250	1—10 *мкф* 2×0,5; 2×0,1 *мкф*	
	400	0,25—10 *мкф* 2×0,5; 2×0,1 *мкф*	
	600	0,1—10 *мкф*	
	1 000	1—10 *мкф*	
	1 500	0,25—10 *мкф*	
МБГЦ	200	0,25; 0,5; 1,0 *мкф*	—
	400	0,1; 0,25; 0,5 *мкф*	
	600	0,025; 0,05; 0,1; 0,25 *мкф*	
МБГН	200	1—27 *мкф*	—
МБГО	160	2—30 *мкф*	—
	300	1—30 *мкф*	
	400	1—20 *мкф*	
	500	0,5—20 *мкф*	
	600	0,25—10 *мкф*	

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
МБМ	160	0,05—1,0 *мкф*	—
	250	0,05—1,0 *мкф*	
	500	0,025—0,5 *мкф*	
	750	0,01—0,25 *мкф*	—
	1 000	0,01—0,1 *мкф*	
	1 500	0,0051—0,05 *мкф*	
		Конденсаторы пленочные	
ПМ	60	100—9 100 *пф*; 0,01 *мкф*	—
ПО	300	51—4 700 *пф*; 0,025; 0,03 *мкф*	—
ПОВ	10 000	390 *пф*	—
	15 000	390 *пф*	
	18 000	120 *пф*	
ПСО	500	470—10 000 *пф*	—
		Конденсаторы металлопленочные	
МПО	250	0,25; 0,5 *мкф*	—
	400	3 000—6 800 *пф*; 0,01—0,25 *мкф*	
	600	1 000—6 800 *пф*; 0,01—0 1 *мкф*	
МПГ-Ц	500	3 000—9 100 *пф*; 0,015; 0,02; 0,1 *мкф*	—
	1 000	3 000—9 100 *пф*; 0,01 *мкф*	
МПГО	160	4; 8; 10 *мкф*	—
	250	0,2; 0,25; 1; 1,5; 2 *мкф*	
	400	0,5; 1 *мкф*	
	600	0,1 *мкф*	
МПГ-П	250	0,2—2 *мкф*	—
	500	0,025—0,1 *мкф*	
	1 000	0,015—0,05 *мкф*	
К73П-2	400	2 200—6 800 *пф*; 0,01—0,68 *мкф*	—
	630	1 000—6 800 *пф*; 0,01—0,47 *мкф*	
	1 000	4 700; 6 800 *пф*; 0,01—0,33 *мкф*	

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
		Конденсаторы фторопластовые	
ФТ-1	200	560—1 200 *пф*; 1 500—2 200 *пф*; 2 700—5 600 *пф*	—
	200	6 800; 8 200 *пф*; 0,01—0,022 *мкф*	—
	600	560; 680—1 200; 1 500—2 700; 3 300; 3 900—5 600 *пф*; 6 800—8 200 *пф*; 0,01—0,015 *мкф*;	
ФТ-2	200	0,027—0,1 *мкф*	—
	600	0,018—0,047 *мкф*	
ФТ-3	200	0,22; 0,47 *мкф*	—
	600	0,068; 0,1; 0,22 *мкф*	
К72П-6	200	470—8 200 *пф*; 0,01—1,0 *мкф*	—
	500	470—8 200 *пф*; 0,01—0,47 *мкф*	
	1 000	470—8 200 *пф*; 0,01—0,47 *мкф*	
	1 600	470—8 200 *пф*; 0,01—0,056 *мкф*	
		Конденсаторы лакопленочные	
К76П-1	50	0,47—22 *мкф*	—
		Конденсаторы электролитические	
КЭ-1	8—500	5—2 000 *мкф*	—
КЭ-2	8—500	5—2 000 *мкф*	—
КЭ-2	300	40+40 *мкф*	—
(блоки)	350	120+30 *мкф*	—
	300; 350	150+30 *мкф*	—
	250	150+150 *мкф*	
КЭ-3	8—500	2—100 *мкф*	—
КЭГ-1	8—500	2—500 *мкф*	—
КЭГ-2	12—500	5—2 000 *мкф*	—
ЭГЦ	6—500	2—2 000 *мкф*	—
ЭМ	4—150	0,5—50 *мкф*	—
ЭМИ	3	0,5; 1,25; 10 *мкф*	—
К50-3а	12	2—500 *мкф*	—
	25	2—1 000 *мкф*	
	50	1; 5—200 *мкф*	
	100	1—100 *мкф*	
	160	2—50 *мкф*	
	300	5—50 *мкф*	
	350; 450	2—20 *мкф*	—

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость	Группа ТКЕ
К50-6 (полярный)	6	50—500 *мкф*	—
	10	10—4 000 *мкф*	
	15	1—4 000 *мкф*	
	25	1—5 000; 1 000—4 000 *мкф*	
	50	1—200 *мкф*	
	100	1—20 *мкф*	
	160	1—10 *мкф*	
К50-6 (неполярный)	15	5—50 *мкф*	—
	25	10 *мкф*	
К50-7	50	100+300; 300+300 *мкф*	—
	160	20; 50; 100; 200; 500 *мкф*	
	250	10; 20; 50; 100; 200 *мкф*	
	250	100+100; 150+150 *мкф*	
К50-7	300	5; 10; 20; 50; 100; 200 *мкф* 50+50; 100+100 *мкф*	—
	350	5; 10; 20; 50; 100; 200 *мкф* 20+20; 50+50; 30+150 *мкф*	
	450	5; 10; 20; 50; 100 *мкф* 10+10; 20+20; 50+50 *мкф*	
ЭТ	6	50; 150; 500 *мкф*	—
	15	50; 100; 250 *мкф*	
	30	20; 50; 100 *мкф*	
	60	10; 20; 50 *мкф*	
	100	5; 10; 30 *мкф*	
	150	5; 10; 20 *мкф*	
ЭТН	30	20; 50; 70 *мкф*	—
	60	10; 25; 30 *мкф*	
	100	5; 10; 20 *мкф*	
ЭТО-1 и ЭТО-2	6	80; 1 000 *мкф*	—
	15	50; 400 *мкф*	
	25	30; 300 *мкф*	
	50	20; 200 *мкф*	
	70	15; 150 *мкф*	
	90	10; 100 *мкф*	
ЭТО-3	150	5 *мкф*	—
	250	3 *мкф*	
	400	2 *мкф*	
ЭТО-4	150	50 *мкф*	—
	250	30 *мкф*	
	300	25 *мкф*	
	450	15 *мкф*	
	600	10 *мкф*	

Примечание. Промежуточные величины номинальных емкостей согласно табл. 1 или 2. ТКЕ согласно табл. 3.

Таблица П2

Система сокращенных обозначений конденсаторов

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс
Класс конденсатора	Группа конденсаторов по виду диэлектрика Числовое значение основного параметра	Назначение	Порядковый номер исполнения (модель) (Вариант исполнения конденсаторов одной группы по виду диэлектрика)
К — конденсаторы постоянной емкости	10 — керамические на номинальное напряжение ниже 1 600 *в* 15 — керамические на номинальное напряжение 1 600 *в* и выше 20 — кварцевые 21 — стеклянные 22 — стеклокерамические 23 — стеклоэмалевые 31 — слюдяные малой мощности 32 — слюдяные большой мощности 40 — бумажные на номинальные напряжения ниже 1 600 *в* с фольговыми обкладками	Отсутствует — для работы только в цепях постоянного и пульсирующего токов П — для работы в цепях постоянного и переменного токов Ч — для работы в цепях переменного тока У — для работы в цепях постоянного и переменного токов и, в импульсных режимах И — для работы в импульсных режимах	—

Продолжение табл. П2

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс
	41 — бумажные на номинальное напряжение 1 600 *в* и выше с фольговыми обкладками		
	42 — бумажные с металлизированными обкладками		
	50 — электролитические алюминиевые		
	51 — электролитические танталовые фольговые		
	52 — электролитические танталовые объемнопористые		
	53 — оксиднополупроводниковые		
	60 — воздушные		
	61 — вакуумные		
	70 — полистирольные с фольговыми обкладками		
	71 — полистирольные с металлизированными обкладками		
	72 — фторопластовые		
	73 — полиэтилентерефталатные (лавсановые) с металлизированными обкладками		

Продолжение табл. П2

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс
КТ — конденсаторы подстроечные КП — конденсаторы переменные	74 — полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками 75 — комбинированные 76 — лакопленочные 1 — вакуумные 2 — воздушные 3 — с газообразным диэлектриком 4 — с твердым диэлектриком 5 — с жидким диэлектриком	Порядковый номер исполнения (вариант исполнения конденсаторов одной группы по виду диэлектрика)	—
КН — конденсаторы нелинейные (варикинды)	Минимальный коэффициент по напряжению переменного тока ($K_{\sim}$) — для варикондов, управляемых напряжением переменного тока	Ч — управляемые напряжением переменного тока П — управляемые напряжением постоянного тока	

Продолжение табл. П2

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс
	Минимальный коэффициент нелинейности по напряжению постоянного тока ($K_{=}$) — для варикондов, управляемых напряжением постоянного тока	ВТ — с прямоугольной петлей гистерезиса (для вычислительной техники)	
	Коэффициент прямоугольности — для варикондов с прямоугольной петлей гистерезиса	—	—

Таблица П3

Полные и сокращенные обозначения номинальной емкости

Полное обозначение			Сокращенное обозначение		
Единица измерения	Пределы номинальной емкости по ГОСТ 2519-60	Пример	Единица измерения	Пределы номинальной емкости	Пример
Пикофарада, *пф*	До 9 100	1,5 *пф*	*П*	До 91	1П5
		15 *пф*			15П
Нанофарада, *нф*		150 *пф*	*Н*	От 0,1 до 91	Н15
		1 500 *пф*			1Н5
		0,015 *мкф*			15Н
Микрофарада, *мкф*	От 0,010 и выше	0,15 *мкф*	*М*	От 0,1 и выше	М15
		1,5 *мкф*			1М5
		15 *мкф*			15М
		100 *мкф*			100М

Примечание. Первый индекс — цифра, указывающая номинальную величину; второй индекс — буква, обозначающая единицу измерения емкости и одновременно указывающая положение запятой десятичной дроби.

Таблица П4

Полные и кодированные обозначения допускаемого отклонения емкости от номинальной

Допускаемое отклонение, %	±0,1	±0,2	±0,5	±1	±2	±5	±10	±20
Кодированное обозначение	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В
Допускаемое отклонение, %	+30	+50 −10	+50 −20	+80 −20	+100	+100 −10	±0,4 *пф*	
Кодированное обозначение	Ф	Э	Б	А	Я	Ю	Х	

Таблица П5

Условные графические обозначения конденсаторов в принципиальных схемах

Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование
	Конденсатор нерегулируемый (общее обозначение)		Конденсатор регулируемый (ротор обозначается точкой)
	Конденсатор электролитический полярный		Блок конденсаторов переменной емкости (двухсекционный)
	Конденсатор электролитический неполярный		Конденсатор подстроечный
	Конденсатор проходной		Конденсатор дифференциальный
	Конденсатор, одна обкладка которого заземлена		Варикап
			Варикond

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ренне В. Т.** Электрические конденсаторы. М., «Энергия», 1969.
2. **Гусев В. Н., Смирнов В. Ф.** Электрические конденсаторы постоянной емкости. М., «Советское радио», 1968.
3. **Михайлов И. В., Пропошин А. И.** Конденсаторы. М., «Энергия», 1965.
4. **Иваницкий В.**, Помощник радиолюбителя. М., «Московский рабочий», 1967.
5. **Незнайко А. П.** Новые типы конденсаторов. М., «Энергия», 1970.
6. **Бодиловский В. Г., Смирнова М. А.** Справочник молодого радиста. М., «Высшая школа», 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ МИХАЙЛОВ
АЛЕКСАНДР ИЛЬИЧ ПРОПОШИН

КОНДЕНСАТОРЫ

Редактор А. И. Кузьминов
Редактор издательства В. А. Абрамов
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор Н. А. Галанчева
Корректор В. С. Антипова

Сдано в набор 1/IX 1972 г. Подписано к печати 8/VI 1973 г. Т-08484
Формат 84 × 108[1]/[32] Бумага типографская № 3
Усл. печ. л. 2,94 Уч.-изд. л. 3,57
Тираж 70 000 экз. Зак. 423 Цена 15 коп.

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Набрано в Московской типографии № 13 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, ул. Баумана, Денисовский пер., д. 30
Отпечатано в Московской типографии № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, Цветной бульвар, 26.
Заказ 1270

Цена 15 коп.